

LWF

aktuell

3 | 2020

Ausgabe 126

Wenn der Hahn zu ist – Wald im Trockenstress

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG 



Trockenstress

- 9 Wasserversorgung für Wald und Mensch**
Stephan Raspe, Nicole Fouillois, Jörg Neumann und Lothar Zimmermann
- 14 Standortfaktor Wasserhaushalt im Wald**
Wendelin Weis, Axel Wellpott und Wolfgang Falk
- 18 Dürreperioden und ihre Wirkung auf Wälder**
Lothar Zimmermann, Stephan Raspe, Hans-Peter Dietrich und Alexandra Wauer
- 24 Nadelbäume im Trockenstress**
Eric Andreas Thurm, Susanne Brandl, Hagen Fischer, Karl Heinz Mellert, Tobias Mette, Birgit Reger und Wendelin Weis
- 28 Auenwald im Klimawandel**
Thomas Dichtl und Wolfgang Stöger
- 30 Extreme Trockenheit – wie sie auf Vitalität und Anbafrisiko von Waldbäumen wirkt**
Tobias Mette und Wolfgang Falk

Wald & Mehr

- 43 Schnecken im Höhengradienten des Bayerischen Waldes**
Markus Blaschke und Angela Siemonsmeier
- 47 Forstverwaltung »meets« Jugendverbände**
Beate Kohler und Robert Vogl
- 50 »Tierische« Geheimnisse in der Welt der Veilchen**
Olaf Schmidt
- 52 Griechische Buchen für Unterfranken?**
Randolf Schirmer
- 55 Waldvogelschutz auf Erfolgskurs**
Alexander Rumpel
- 60 So hat die Esche eine Chance!**
Barbara Fussi



9



43

Wasserversorgung für Wald und Mensch: **Wasser im Wald ist lebenswichtig für unsere Waldbäume. Zugleich ist Wasser aus dem Wald eine wichtige »Quelle« für die sichere Trinkwasserversorgung der Bevölkerung. Der Klimawandel wirkt sich bereits jetzt schon sichtbar auf die Wasserversorgung aus.** Foto: Boris Mittermeier

Schnecken im Höhengradienten des Bayerischen Waldes: **Schnecken sind sensible Bioindikatoren, die Veränderungen in Waldökosystemen zuverlässig aufzeigen. Zehn Jahre nach einer ersten Schnecken-Inventur wurde eine Wiederholungsaufnahme durchgeführt.** Foto: M. Blaschke, LWF

Titelseite: **Der Wald ist ein unverzichtbarer Spender für bestes Trinkwasser. Aber auch selbst kann der Wald nicht auf Wasser verzichten. Klimawandel und Trockenheit stellen Wald und Menschen vor große Herausforderungen.**

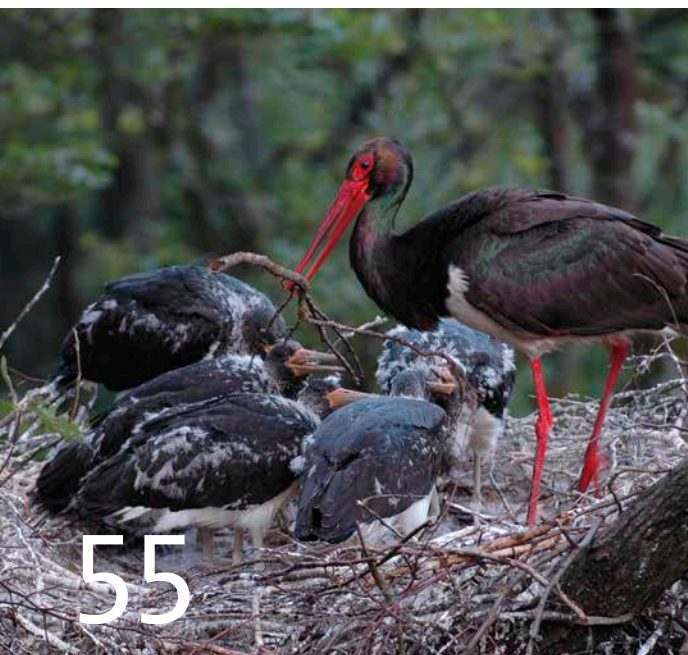
Fotos: Yvonne Weis, AdobeStock; grande duc, istockphoto
Fotomontage und Bildbearbeitung: A. Nißl, LWF

Rubriken

- 4 Meldungen
- 35 Zentrum Wald-Forst-Holz
- 39 Amt für Waldgenetik
- 62 Holzwerkstatt
- 64 Waldklimastationen
- 67 Medien
- 68 Impressum

Gesprächsstoff

- 6 **Der Leiter zieht Bilanz**
Olaf Schmidt im Interview



Waldvogelschutz auf Erfolgskurs: **Im Gegensatz zum Offenland finden Waldvogelarten in den Wäldern fast durchwegs gute und attraktive Lebensräume vor. Das belegen die Monitoring-Ergebnisse aus dem nationalen Vogelschutzbericht.** Foto: N. Wimmer



Liebe Leserinnen und Leser,

der Schwerpunkt der letzten LWF aktuell-Ausgabe befasste sich mit dem »Klimawandel« und wie sich dieser auf Wald und Forstwirtschaft in Bayern auswirkt. Auch das vorliegende Heft ist durchaus ein »Klimawandel«-Heft. Wasser und Klima sind aufs Engste miteinander verknüpft – und wandelt sich das Klima, ändern sich auch die Bedingungen rund um das Wasser. Und damit ist selbstverständlich auch unser Wald betroffen. Mit dieser Heft-Ausgabe befasst sich die LWF wieder einmal mit dem Thema »Wasser«. Bereits 2008 gab es ein »Wald & Wasser«-Heft, das die Bedeutung des Wassers für Wald und Mensch im Allgemeinen und im Grundsätzlichen beschrieb. In unserem aktuellen Heft geht es um den Standortfaktor Wasser im Klimawandel und wie sich zeitweiser Wassermangel und veränderte Wasserregime auf die Wasserversorgung unserer Waldbäume auswirken, aber auch mit welchen Folgen wir selbst zu rechnen haben, sind wir ja auch mit unserer eigenen Wasserversorgung in weiten Teilen vom Wald abhängig.

Bevor wir jedoch in dieses für uns und unsere Wälder so wichtige Wasser-Thema einsteigen, möchte ich hier auf eine Person eingehen, die sich normalerweise immer an dieser Stelle zu Wort meldet. Seit über 20 Jahren leitet Olaf Schmidt die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Am 1. März 2000 übernahm der leidenschaftlich Oberfranke als Nachfolger von Dr. Günter Braun die Leitung der LWF. Ende Juli dieses Jahres geht er nun in den Ruhestand. In einem Interview meldet sich Olaf Schmidt am Ende seiner Dienstzeit nochmals in der LWF aktuell zu Wort und berichtet den Leserinnen und Lesern von seinen Jahren an der LWF. Und noch einmal können Sie von Olaf Schmidt etwas lesen. Denn als ausgewiesener Waldökologe berichtet Olaf Schmidt in dieser Heftausgabe in einem interessanten und kurzweiligen Artikel über »Tierische Geheimnisse in der Welt der Veilchen«.

Ihr

Michael Mößnang
Chefredakteur

Salamanderpilz erreicht Bayern



Foto: Miguel Vences

Die labortechnische Untersuchung eines tot aufgefundenen Salamanders bei Ebrach im Steigerwald hat die traurige Vermutung jetzt bestätigt: Der Salamanderpilz »Batrachochytrium salamandrivorans« (Bsal; »Salamanderpest«) hat nun auch Bayern erreicht. Der Hautpilz greift die Haut an und verursacht tiefe Verletzungen und Geschwüre (Foto). Bakterien besiedeln die Verletzungen und führen dann als Sekundärinfektionen zu einem raschen

Tod. Der ursprünglich aus Asien stammende Pilz wurde vermutlich über den bei Terrarianern beliebten Feuerbauchmolch eingeschleppt und verursachte 2010 bereits ein Massensterben von Feuersalamandern in den Niederlanden und in Belgien, kurze Zeit später in Deutschland in der Eifel und im Ruhrgebiet. Neben Feuersalamandern befällt er alle heimischen Molcharten, andere Amphibienarten können Bsal übertragen, erkranken aber nicht.

Da eine Infektion mit Bsal für Feuersalamander fast immer tödlich verläuft, aber zurzeit noch keine wirksamen Gegenmaßnahmen bekannt sind, gilt es, die Ausbreitung des Pilzes so weit möglich zu verhindern. In betroffenen Regionen sollten deshalb Amphibien nicht angefasst werden, Waldbesucher auf den befestigten Wegen bleiben und Hunde nicht frei laufen. Gewässer aller Art sowie ihre Uferbereiche sollten nicht betreten werden.

Christine Franz, LWF

Klemmbach-Tanne abgestorben

Tannen können bei uns durchaus Alter von 500 Jahren erreichen und über 50 m hoch werden. Beispiele solcher monumentaler Baumriesen gibt es zahlreiche – so zum Beispiel die Watzlik-Hain-Tanne im Bayerischen Wald, die Tanne am Erzstieg im Hintersteiner Tal im Allgäu, die Große Kostgrundtanne im baden-württembergischen Elzach oder die Daniel-Tanne bei Grafenhausen, ebenfalls in Baden-Württemberg. Aber auch Tannen wachsen nicht in den Himmel. Das gilt auch für einen weiteren Tannenriesen – die Klemmbach-Tanne an der Sirmitz im Hochschwarzwald. Seit Jahren ist die ins Greisenalter gekommene Tanne immer lichter geworden, der Austrieb im Frühjahr wurde immer spärlicher. Sie war einmal 51 m hoch und hatte einen Stammumfang von 5,7 m. 2019 war bei einem Sturm das obere circa 10 m lange Kronenstück abgebrochen. Die trocken-heißen Extrem-



Foto: K. Brüne

sommer der letzten Jahre haben ihr zusätzlich so sehr zugesetzt, dass sie 2019 abgestorben ist. Die Klemmbach-Tanne ist zwar kein gesetzlich geschütztes Naturdenkmal, aber sie wird wohl als beeindruckendes Totholz an ihrem Standort stehen bleiben können.

Michael Mößnang, LWF

»Ivenacker Eichen« – Waldgebiet des Jahres 2020

Das weithin bekannte, aber nur 164 ha große Waldgebiet in Mecklenburg-Vorpommern befindet sich etwa 30 Kilometer nordwestlich der Stadt Neubrandenburg. Es verkörpert in besonderer Weise die mittelalterliche Wirtschaftsform der Waldweide (Hutung), welche über Jahrhunderte Kultur und Brauchtum der Menschen prägte. Darstellung und Entwicklung dieser historischen Waldnutzungsform stehen bei den Ivenacker Eichen im Mittelpunkt. Pflegerische Maßnahmen wie die Freistellung der Eichenkronen beziehen sich nicht nur auf die bis zu 1.000 Jahre alten Eichen, sondern auch auf die jüngeren Hutewald-Exemplare. Wahrhaft beeindruckend sind die ältesten Baumveteranen. Die Mächtigste dieser uralten Eichen besitzt einen Umfang von 11,7 m und ein Volumen von 140 m³. Damit ist diese Eiche deutlich stärker als alle anderen in Europa bekannten

Eichen. Um die historische Waldnutzung dauerhaft zu ermöglichen, wurde das Gebiet mit der »Schutzwaldverordnung Ivenacker Hudewald« 2010 forstrechtlich und mit der »Verordnung Nationales Naturmonument Ivenacker Eichen« 2016 naturschutzrechtlich geschützt.

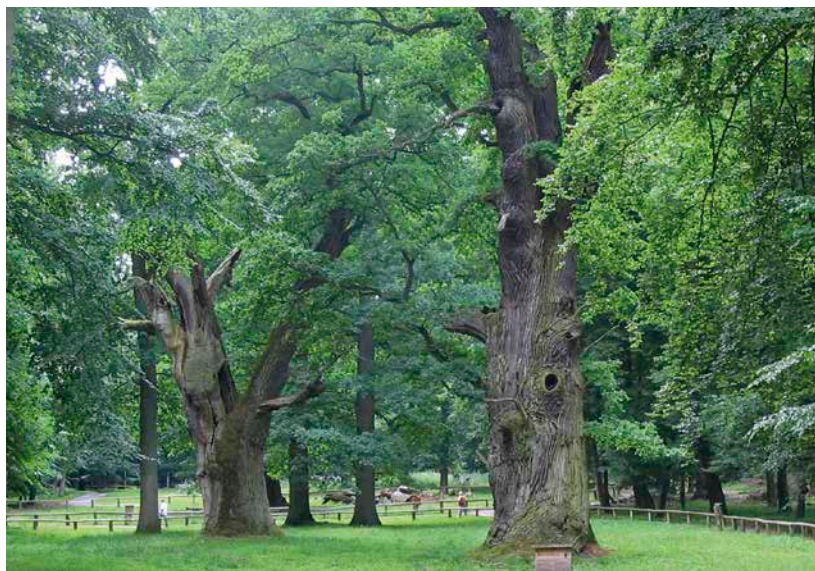
Der Bund Deutscher Forstleute (BDF) verlieh den Titel »Waldgebiet des

Jahres« im Jahr 2020 an die Ivenacker Eichen, weil es den Forstleuten vor Ort hervorragend gelingt, im Rahmen der modernen naturnahen Forstwirtschaft auch noch die mittelalterliche Bewirtschaftungsform des Hutewaldes zu veranschaulichen.

red

www.ivenacker-eichen.de

Foto: Ralf Hecker, Landesforst MV





Fotos: H.-J. Fünfstück/www.gerls-naturfotos.de

Der Wolf und das Schalenwild

Seit einigen Jahren streift der Wolf wieder durch Bayerns Wälder, vor allem in Nord- und Ostbayern. Neben Landwirten und Weidehaltern bereitet das auch vielen Jägerinnen und Jägern Sorgen. Ein Forschungsprojekt an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft geht der Frage nach, wie sich die Anwesenheit des Wolfs auf das Verhalten und die Lebensraumnutzung von Hirsch, Reh und Wildschwein auswirkt. Untersucht werden diese Aspekte im Veldensteiner Forst (Lkr. Bayreuth), wo das aktuell einzige bayerische Wolfsrudel mit einem bestätigten Nachwuchs lebt. Mit Hilfe von Wildkameras werden dort die Bewegungen der Wölfe

und des Schalenwilds systematisch erfasst. Das Forschungsprojekt soll erstmals wichtige Erkenntnisse für die Beziehung von Wolf und Schalenwild in ganz Bayern liefern. Es findet in Kooperation mit den Bayerischen Staatsforsten und unter Einbindung der regionalen Wolfsbeauftragten sowie des Obersten Jagdbeirats statt. Neben dem Rudel im Veldensteiner Forst existieren in Bayern auch Nachweise von Wölfen in der Region entlang der tschechischen Grenze, auf den beiden Truppenübungsplätzen Grafenwöhr und Hohenfels in der Oberpfalz sowie zuletzt auch in der Bayerischen Rhön.

red

Puppenräuber gesucht!

Seit 2018 erlebt Nordbayern eine Schwammspinner-Massenvermehrung, die den ohnehin stressgeplagten Wäldern zusätzlich zusetzt. Glücklicherweise haben die haarigen Raupen aber auch Feinde. Zu diesen gehören z. B. der Kleine und der Große Puppenräuber: zwei Laufkäfer, die Raupen und Puppen von Schmetterlingen nachstellen. Doch noch ist einiges über die beiden Arten im Dunkeln. So wisse man nicht genau, von woher die golden schillernden Großen Puppenräuber zu uns kommen, denn außerhalb solcher Massenvermehrungen fehlen Beobachtungen völlig. Stand des Wissens ist, dass die flugstarken Käfer aus Südeuropa als »Katastrophentouristen« zu uns einfliegen. Puppenräuber sind extrem gute Flieger und wurden auch schon auf weit im Meer liegenden Bohrseln gesichtet. Kaum minder spannend ist der kupferfarbene Kleine Puppenräuber. Diese Art ist ein »Dauercamper« und bleibt uns auch zwischen den Raupenjahren erhalten.

Stefan Müller-Kroehling, LWF

Puppenräuber gefunden? Meldung an: Puppenraeuber@lwf.bayern.de www.forst.bayern.de/naturwaelder



Großer Puppenräuber Foto: Ulrike Nuß

Wildkatze! Quo vadis?

Schon seit einigen Jahren erobert die Europäische Wildkatze langsam, aber stetig Bayerns Wälder wieder zurück. Ein Projekt wird nun die Lebensraumnutzung dieses überaus scheuen Tiers noch genauer erforschen. Es soll herausfinden, ob die Wildkatze nicht nur den Wald, sondern auch das Offenland als Lebensraum nutzt. Das Projekt läuft in den Landkreisen Rhön-Grabfeld, Haßberge und Schweinfurt. Erste Ergebnisse werden bis Ende des Jahres erwartet. Zurzeit leben etwa 700 Wildkatzen in Bayern, Tendenz steigend. Um von einem Waldgebiet ins nächste zu wandern, nutzen Wildkatzen auch das strukturreiche Offenland. Ob sie auch außer-

halb des Waldes leben können, soll nun mithilfe eines bereits in Waldgebieten erfolgreich eingesetzten »Lockstock-Monitorings« erforscht werden. Dabei werden Wildkatzen durch eine Baldrianessenz während ihrer Paarungszeit im Frühjahr angelockt. An speziell präparierten Stöcken reiben sich die Katzen und hinterlassen dort ihre Haare. Diese werden im Genlabor des Bayerischen Amtes für Waldgenetik untersucht und können einzelnen Individuen zugeordnet werden. Weitere Informationen zur Wildkatze in Bayern gibt es online im Wildtierportal Bayern.

red

www.wildkatze.bayern.de



Wildkatze beim Lockstock

Foto: Ch. Übl, Nationalpark Thayatal

Der Leiter zieht Bilanz

Forschung, Wissenstransfer und Kollegialität waren für Olaf Schmidt stets wichtige Eckpunkte seiner 20jährigen Leitungstätigkeit

Olaf Schmidt war 20 Jahre lang Präsident der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Während dieser langen und verantwortungsvollen Aufgabe hat er aber nie seine Leidenschaft für den Wald mit seiner vielfältigen kleinen wie großen Fauna und Flora verloren. Foto: LWF Archiv



Michael Mößnang im Gespräch mit Olaf Schmidt

Am 1. März 2000 übernahm Olaf Schmidt von seinem Vorgänger Dr. Günter Braun die Leitung der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Am 31. Juli 2020, nach mehr als 20 Jahren, verabschiedet sich Olaf Schmidt mit 64 in den vorzeitigen Ruhestand.

Herr Schmidt, keiner Ihrer Vorgänger hat so viele Jahre als Leiter der LWF verbracht wie Sie. Die Vorgänger – Dr. Hanskarl Goettling, Dr. Robert Holzapfl und Dr. Günter Braun – kommen gemeinsam auf eine 18-jährige Dienstzeit als Leiter dieser Forschungsanstalt, während Sie auf über 20 Jahre zurückblicken. Was hat Sie in dieser Zeit am meisten bewegt?

Menschlich hat mich in der Zeit als Leiter der LWF besonders der Tod bzw. das frühzeitige Ableben von Kolleginnen und Kollegen während ihrer aktiven Dienstzeit oder kurz danach bewegt.

Sehr positiv bewegt war ich über das sehr erfreuliche Ergebnis unserer Mitarbeiterbefragung zum Be-

triebsklima der LWF. Ebenso positiv bewerte ich die Präsenz der LWF als forstliche Forschungsanstalt in der wichtigsten forstlichen Fachzeitschrift, der AFZ/ Der Wald. Ein Highlight in der internationalen Zusammenarbeit ist sicherlich die Wissensplattform waldwissen.net, die in kollegialer Art und Weise von FVA, BFW, WSL¹ und LWF betrieben wird.

Sie haben es gerade angedeutet, der Wissenstransfer war und ist eines Ihrer ganz großen Anliegen, das Sie nie aus den Augen verloren haben. Wissen Sie eigentlich, wie viele Beiträge Sie in den beiden Broschüren LWF aktuell und LWF Wissen geschrieben haben bzw. mitgeschrieben haben?

Nein, aber jeden der Beiträge habe ich mit Freude recherchiert und mit Überzeugung geschrieben.

Ich habe diese Hefte mal nach Ihren Beiträgen durchforstet. Es fanden sich darin weit über 100 Artikel. In den LWF-Medien waren es circa 150 und über 300 Veröffentlichungen insgesamt.

Nach wie vor halte ich Wissensvermittlung als eine wichtige Aufgabe einer forstlichen Landesanstalt. Eigene oder auch fremde Forschungsergebnisse sollen zielgruppenorientiert den Praktikern vor Ort in geeigneter Form nahe gebracht werden. Die LWF

¹ FVA (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg)
BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien)
WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft)



Internationale Zusammenarbeit war schon immer eine Herzensangelegenheit von Olaf Schmidt: hier beim Leitertreffen von waldwissen.net 2018 in Nürnberg. Foto: LWF Archiv

ist hier nach wie vor, auch im Vergleich zu anderen forstlichen Forschungsanstalten, sehr gut aufgestellt. Neben der Organisation, den Aufgaben und Schwerpunkten der LWF und unserem forstlichen Nachhaltigkeitsprinzip standen bei mir die Themen Dendrologie, insbesondere alternative Baumarten und Pionierbaumarten, Entomologie und Waldschutz, Artenschutz im Wald, hier vor allem Vögel, Säuger und Amphibien, Neobiota in Wäldern und insbesondere die ökologischen Vernetzungen von Bäumen, Gehölzen, Pflanzen und Tieren im Vordergrund.

Im Laufe Ihrer über 20 Jahre als Leiter der LWF haben Sie dieses Schiff sicher auch durch turbulente Gewässer gesteuert. Was waren aus Ihrer Sicht besonders schwierige oder entscheidende Phasen?

Vor und während der Forstreform wurde stark über die Eigenständigkeit der LWF diskutiert. Ein früheres Expertengutachten kam zu dem Entschluss, alle fachlichen Landesanstalten des Ressorts unter einem Dach einer neuen Landesanstalt für Landwirtschaft zu vereinen, also auch die LWG² und die LWF. Da die LWG aufgrund von Zusagen unterfränkischer Politiker eigenständig blieb, konnte auch die LWF ihre Eigenständigkeit verteidigen.

Nach der Forstreform wurde vor allem um die Ausrichtung und die Schwerpunkte der LWF diskutiert und gerungen. Unser ursprüngliches Schwerpunktgebiet forstliche Forschung drohte, an den Rand gedrängt zu werden. Daher bestehen jetzt als die Schwerpunktaufgaben der LWF Beratung der Forstverwaltung, Forschung und Entwicklung, Monitoring und Wissenstransfer. Die interne KLR³ und BSC⁴ helfen uns hier, im Laufe der Jahre Ungleichgewichte zu erkennen und auszusteuern.

v.l.n.r.: Reinhardt Neft (BaySF), Klaus Kumutat (LfU) und Olaf Schmidt bei der Vorstellung des Fledermausprojekts in der Oberpfalz mit Rudi Leitl (ganz links) im Jahr 2018. Foto: M. Kölbl, BaySF



»Ein Highlight internationaler Zusammenarbeit ist www.waldwissen.net«

Nicht vergessen möchte ich hier die Forstgeschichte. Die Forstgeschichte sagt uns, warum der Wald heute *so und nicht anders* aussieht. Eine durchaus auch wichtige Aufgabe erfüllt dabei der Arbeitskreis Forstgeschichte, den ich nun schon einige Jahre leiten darf.

Persönlich habe ich in den 20 Jahren auch schwierige Phasen durchlebt, bedingt sowohl durch lange unerkannte gesundheitliche Probleme, als auch im Ringen nach der Rolle des Leiters einer großen Institution. Hier danke ich allen Kolleginnen und Kollegen, die mich in dieser schwierigen Zeit persönlich freundschaftlich unterstützt und beraten haben.

Hat die LWF damals eine wichtige Richtungsänderung vollzogen? Konnten Sie dabei wichtige Impulse für diese Kursänderung geben?

Durch die Forstreform stieg das operative Geschäft der LWF an. Die neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die von den Forstämtern und Forstdirektionen kamen, waren nicht forstwissenschaftlich ausgerichtet. Es gab eine deutliche Personal- und Aufgabenerhöhung an der LWF, auch durch den Wegfall der Forstdirektionen. Unsere Wissenstransfer-Abteilung haben wir nochmals gestärkt und insbesondere auch unsere Praxisorientierung. Dadurch wurde unsere Stellung in der Forstverwaltung, aber auch bei den Waldbesitzern, anerkannt und deutlich verbessert.

Ich hoffe, dass ich vor allem in der verstärkten und kollegialen Zusammenarbeit der Ressortforschungseinrichtungen LfL, LWG, AWG, TFZ⁵, im Zentrum Wald-Forst-Holz, zwischen den bayerischen Landesämtern und -anstalten und den deutschsprachigen forstlichen Forschungsanstalten Impulse setzen konnte.

Wohin, glauben Sie, muss sich die LWF künftig entwickeln, wohin wird sie sich entwickeln?

Die Aufgaben und die Anforderungen an die Forstverwaltung und damit auch an die LWF sind in einem Maße gewachsen, mit dem der Personalstand nicht mithalten konnte. Zum einen wirken die massiven Veränderungen der Umwelt – zum Beispiel Klimawandel – auf den Wald und ziehen einen hohen Forschungs- und Beratungsbedarf nach sich. Stichworte sind Alternative Baumarten, Waldumbau, Invasive Schädlinge, Artenverluste usw.

Auch die neuen gesetzlichen Regelungen und Pflichten, zum Beispiel von der EU, erfordern eine viel intensivere und bürgernahe Information der Öffentlichkeit. Hier ist die LWF in vorderster Reihe gefordert. Daher wird es notwendig sein, in den Folgejahren die LWF nicht nur mit Personal, sondern eventuell mit neuer Kompetenz bis hin zu baulichen Veränderungen zukunftsfähig aufzustellen.



Seit Jahren ein fixer Termin: Auf den Deutschen Baumpflegetagen ist die LWF regelmäßig mit Vorträgen, Postern und einem Ausstellerstand vertreten.

Foto: LWF Archiv

»Durch die Forstreform stieg das operative Geschäft der LWF an«

² LWG (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau)

³ Kosten- und Leistungsrechnung

⁴ Balanced Scorecard

⁵ LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) AWG (Bayerisches Amt für Waldgenetik) TFZ (Technologie- und Förderzentrum Straubing)



Olaf Schmidt, wie er lebt und lebt – und wie ihn viele kennen und schätzen: Sein umfangreiches Wissen ist stets ein Erlebnis, das er in leichter und lockerer Weise gerne weitergibt. Foto: C. Hopf, LWF

Wie sehen Sie die Zukunft des Waldes in Bayern?

Ich bin tief überzeugt, dass der Wald auch weiterhin Zukunft in Bayern hat, aber er wird in Zukunft anders aussehen als bisher. Das müssen wir auch den Waldbesitzern deutlich kommunizieren. In den trocken-warmen Bereichen Bayerns steht die Walderhaltung ausdrücklich im Vordergrund. Aber Forstleute und Waldbesitzer können für den neuen Wald die Weichen stellen. So gestalten sie auch die Zukunft für unsere Gesellschaft mit und erhoffen sich durch Förderung auch Unterstützung für diese riesige Aufgabe des Waldumbaus. Daher möchte ich mich hier dem zuversichtlichen Wort Martin Luthers anschließen: »Und wenn morgen die Welt unterginge, will ich heute noch mein Apfelbäumchen pflanzen!« In diesem Sinne pflanzen auch wir unsere neuen Bäumchen und gestalten aktiv den Wald der Zukunft für unsere Enkel und Urenkel!

Welche Rolle geben Sie der forstlichen Forschung dabei? Braucht man sie überhaupt noch?

Unbedingt! Allein die Frage nach alternativen Baumarten im klimatoleranten Waldumbau und ihre Integrationsfähigkeit in unsere Waldökosysteme verlangt nach angewandter forstlicher Forschung. Die Umweltveränderungen wie Klimaerwärmung und Eutrophierung durch übermäßigen Stickstoffeintrag erfordern Reaktionen in der Forstwissenschaft. Altbekannte Schädlinge, die durch den Klimawandel in ihrer Aggressivität steigen, zum Beispiel Borkenkäfer in der Fichte, aber neue mögliche Schaderreger, die sich durch die Erwärmung bei uns etablieren können, wie zum Beispiel Eschenprachtkäfer, Japankäfer, Grüne Reisswanze, erfordern Spezialisten im Waldschutzbereich, die diese Arten erkennen, weiter erforschen und beobachten, wie sie sich im Wald verhalten, auch im Hinblick auf möglicherweise notwendige Bekämpfungsmaßnahmen.

Ob beim Betriebsausflug oder beim gemeinsamen Grillen an der LWF: der direkte Kontakt zur Belegschaft war Olaf Schmidt immer ein großes Anliegen. Foto: LWF Archiv

Sie sind ja Oberfranke durch und durch, geborener Tettauer und ein bekennender Frankenwäldler. Was bedeutet für Sie der Frankenwald?

Richtig – der Frankenwald ist für mich Heimat. Sicherlich war es auch meine Liebe zum Frankenwald, dass ich den Beruf des Forstmannes gewählt habe. Ein persönliches »Highlight« als Oberfranke war für mich, als der BDF⁶ den Frankenwald zum Waldgebiet des Jahres 2017 ausgerufen hat.

Was war Ihnen bei Ihrer Amtsführung immer besonders wichtig, was werden Sie vielleicht vermissen?

Mir war in der Zusammenarbeit an der LWF immer die Pflege eines guten zwischenmenschlichen Kontakts wichtig. Dazu gehört ein freundlicher, höflicher und kollegialer Umgang untereinander, ohne Betonung von Hierarchiegrenzen. Bei Fehlern war mir immer die Analyse »Warum ist der Fehler passiert?« viel, viel wichtiger als die Suche nach einem vermeintlich Schuldigen.

Sicher wird mir im Ruhestand der persönliche Kontakt zu meinen Kolleginnen und Kollegen und die vielen guten Gespräche, auch der Austausch in Kaffee- und Leitungsrunde, fehlen. Das werde ich sicherlich sehr vermissen.

Zuletzt noch eine persönliche Frage: Wie wird Ihre persönlichen Zukunft aussehen? Was für kleine und große Ziele werden Sie in Ihrem Ruhestand noch verfolgen?

Ich freue mich auf mehr Zeit mit meiner Frau und Familie, insbesondere auch mit unseren beiden Enkelkindern Sophia und Maximilian. Und ich werde auch gebührend meinen Hobbies nachgehen, z.B. Radl'n, Natur- und Vogelbeobachtungen, und natürlich Bücher! Und zwei Länder möchte ich unbedingt noch bereisen: Namibia und Island.

Sie sind ja ein begeisterter Anhänger von Heinz Erhardt und Wilhelm Busch. Ich bedanke mich daher mit zwei Zeilen von Wilhelm Busch bei Ihnen für dieses Interview: »Meistens hat, wenn zwei sich scheiden, einer etwas mehr zu leiden«. Da steckt doch ganz viel Wahres drin. Die gesamte Belegschaft der LWF verabschiedet Sie mit einem weinenden Auge.

Das Gespräch führte Michael Mößnang, Abteilung Wissenstransfer, Öffentlichkeitsarbeit, Waldpädagogik der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Kontakt: Michael.Moessnang@lwf.bayern.de



Nichts ging dem Leiter durch die Lappen. Foto: LWF Archiv

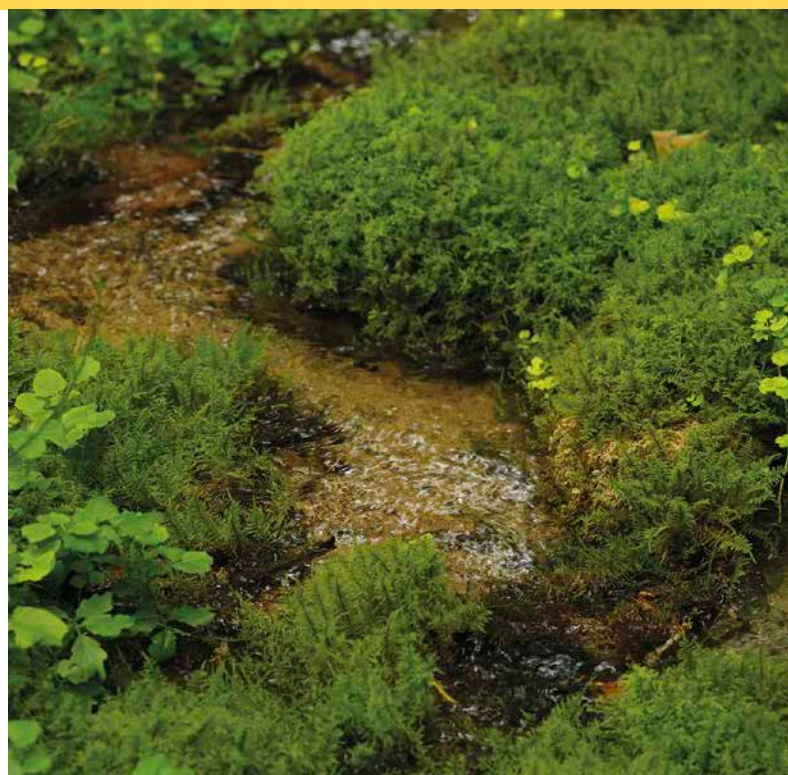
»Mir war immer guter zwischenmenschlicher Kontakt wichtig«

Wasserversorgung für Wald und Mensch

Trends und Auswirkungen von Trockenjahren am Beispiel des Hochspessarts

Stephan Raspe, Nicole Foullois, Jörg Neumann und Lothar Zimmermann

In Zeiten des Klimawandels wächst das Interesse an der Wasserversorgung für Mensch und Natur. Dem Wald kommt dabei eine doppelte Rolle zu. Zum einen brauchen Bäume und alle anderen Tiere und Pflanzen im Wald Wasser zum Leben und Gedeihen, andererseits ist die Sickerwasserspende des Waldes für Grund- und Quellwasser von großer Bedeutung. Die Wasserversorgung von Mensch und Wald sind damit eng miteinander verknüpft. Am Beispiel des Hochspessarts werden die Entwicklung der Wasserversorgung für Wald und Mensch und die Auswirkungen der Trockenjahre 2018 und 2019 aufgezeigt.



1 Noch führt dieser Quellbach ausreichend Wasser. Mit dem Klimawandel ändert sich auch in Zukunft der Wasserhaushalt des Waldes, was nicht nur für die Wasserversorgung der Waldbäume bedeutungsvoll ist, sondern auch Konsequenzen für die Wasserversorgung der Menschen hat. Foto: Boris Mittermeier

Die in den letzten Jahren immer häufiger auftretenden Dürreperioden haben das öffentliche Interesse an der Wasserversorgung für Mensch und Natur stark erhöht. Bleiben über längere Zeit die Niederschläge hinter den Erwartungen zurück oder bleiben sie gar ganz aus, schaut man besorgt auf die Auswirkungen für Pflanzen, Tiere und Menschen. Wir können in diesem Beitrag nicht die ganze Bandbreite der Thematik abhandeln und setzen daher den Fokus auf die Wasserversorgung der Waldbäume und die für den Menschen wichtige Wasserspende aus dem Wald.

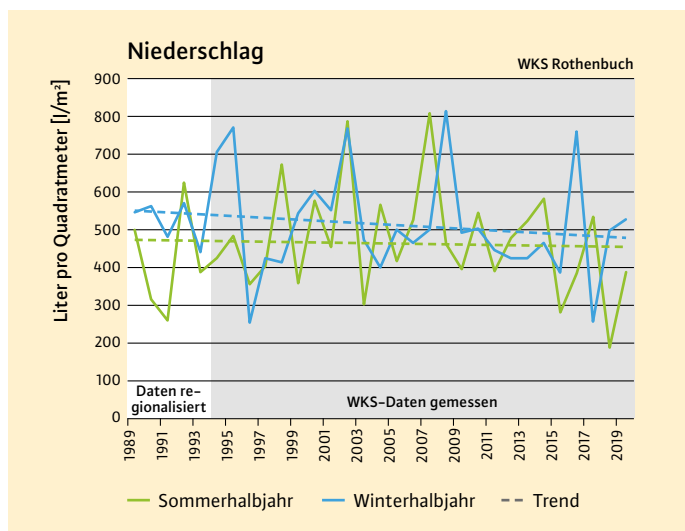
Lebensquell für Wald und Mensch

Wasser ist lebenswichtig für Wald und Mensch. Dabei sind verschiedene Ebenen zu betrachten. Während die Bäume das Wasser aus dem durchwurzelten Boden aufnehmen, ist für den Menschen vor allem das Trink- und Nutzwasser von Bedeutung. Alles Wasser stammt letztlich aus dem Niederschlag. Für den Wald ist vor allem wichtig, genügend pflanzenverfügbaren Wasservorrat in den oberen ein bis zwei Metern des Bodens zu haben. Dagegen nutzt der Mensch vor allem das innerhalb des Wasserkreislaufs nachgeschaltete Grundwasser. Überwiegend sind die Waldböden in Bayern ohne direkten Grundwasseranschluss.

Wasserspende und Trockenheit

Die Auswirkungen und Folgen von Trockenheiten können daher in den verschiedenen Bereichen sehr unterschiedlich sein. Das soll anhand von Fallbeispielen aus den Umweltmessprogrammen der Waldklimastationen (WKS) der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) sowie dem Integrierten Hydrologischen Monitoring (IHM) des Landesamtes für Umwelt (LfU) gezeigt werden. Dabei konzentrieren wir uns auf die Region des Spessarts, in der die »WKS Rothenbuch« und die IHM-Messfläche »Hochspessart« mit dem Wassereinzugsgebiet Metzenbach liegen.

2 Entwicklung der Niederschlagsmengen an der Waldklimastation Rothenbuch von 1989 bis 2019. Im Sommerhalbjahr ist keine Veränderung, im Winterhalbjahr ein abnehmender Trend zu erkennen.



Niederschläge im Winterhalbjahr nehmen aktuell ab

Während ein Anstieg der Lufttemperatur in den letzten Jahrzehnten global, regional und lokal eindeutig belegt ist, sind die Trends beim Niederschlag weniger deutlich und müssen lokal differenziert betrachtet werden. Im KLIWA-Monitoringbericht wurde für das Gebiet des Spessarts im Zeitraum 1931 bis 2015 eine Zunahme der Niederschlagssummen im hydrologischen Winterhalbjahr um 5,5% und eine Abnahme im Sommerhalbjahr um 12,9% festgestellt (KLIWA 2017). Betrachtet man jedoch nur die letzten 30 Jahre, so ist an der WKS Rothenbuch im Spessart eine leicht abnehmende Tendenz

der Jahresniederschläge zu erkennen, die vor allem auf eine Abnahme der Niederschläge des Winterhalbjahres (November bis April) zurückzuführen ist (Abbildung 2). Die Niederschlagssumme in den Monaten des Winterhalbjahres nahm in den letzten 29 Jahren (1991–2019) im Vergleich zur klimatologischen Normalperiode 1961–90 von 534 l/m² auf 509 l/m² um 4,7% ab. Bei den Niederschlägen im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) ist dagegen kein Trend zu erkennen, auch wenn vier der letzten fünf Jahre deutlich unter dem langjährigen Mittel lagen. Das Sommerhalbjahr 2018 war sogar das niederschlagärmste der gesamten Zeitreihe. Der Unterschied in der Niederschlagsentwicklung zwischen Winter- und Sommerhalbjahr ist auch für die Wasserversorgung von Wald und Mensch von großer Bedeutung.

Bäume brauchen genügend Wasser im Boden

Für die Waldbäume ist vor allem das Wasserangebot während der Vegetationszeit von Bedeutung. Dabei kommt es nicht nur auf die aktuellen Niederschläge an, sondern in erster Linie auf das den Wurzeln im Boden zur Verfügung stehende Wasser, das natürlich seinerseits wieder vom Niederschlag gespeist wird. Der Boden stellt aber mit seinem Bodenspeicher quasi einen Puffer dar, der die Wasserversorgung der Bäume auch über eine gewisse Zeit ohne Niederschläge gewährleistet. Wie groß dieser Speicher ist, hängt maßgeblich von der Porenzusammensetzung des Bodens ab. In sehr feinen Poren (Durchmesser unter 0,2 µm) wird das Wasser aufgrund der Kapillarkräfte der Bodenmatrix sehr stark gebunden. Damit kann es von den Wurzeln, die Saugkräfte bis 15.000 hPa (15 bar) aufbringen können, nicht mehr aufgenommen werden. Man bezeichnet diesen Restwasseranteil im Boden als »Totwasser«. Bis zu einer Porengröße von 50 µm ist das Wasser dann in Mittel- und engen Grobporen im Boden immerhin noch so stark gebunden, dass es gegen die Schwerkraft gehalten wird. Das heißt, in diesen Poren erfolgt keine nennenswerte Sickerwasserbewegung, es kann aber von den Wurzeln aufgenommen/genutzt werden. Man spricht von der »nutzbaren Feldkapazität«.

Grundwasserneubildung erst, wenn der Boden gesättigt ist

Erst in noch größeren Poren wird das Wasser nur noch mit Kräften unter 60 hPa (0,06 bar) gehalten, so dass es im Boden der Schwerkraft folgend versickern und letztlich zur Grundwasserneubildung beitragen kann. Eine nennenswerte Tiefensickerung findet daher erst statt, wenn die Böden soweit aufgesättigt sind, dass alle Fein-, Mittel- und engen Grobporen aufgefüllt sind und die »Feldkapazität« überschritten wird. Das ist regelmäßig vor allem in den Wintermonaten während der Vegetationsruhe der Fall, wie permanente Messungen der Bodensaugspannung auf der IHM-Messfläche »Hochspessart« im Wassereinzugsgebiet des Metzenbaches seit 2001 bis heute zeigen. Die Auffüllung der für uns Menschen wichtigen Grundwasservorräte erfolgt daher hauptsächlich im Winterhalbjahr von November bis April.

Nutzung der Grundwasservorkommen – Öffentliche Wasserversorgung

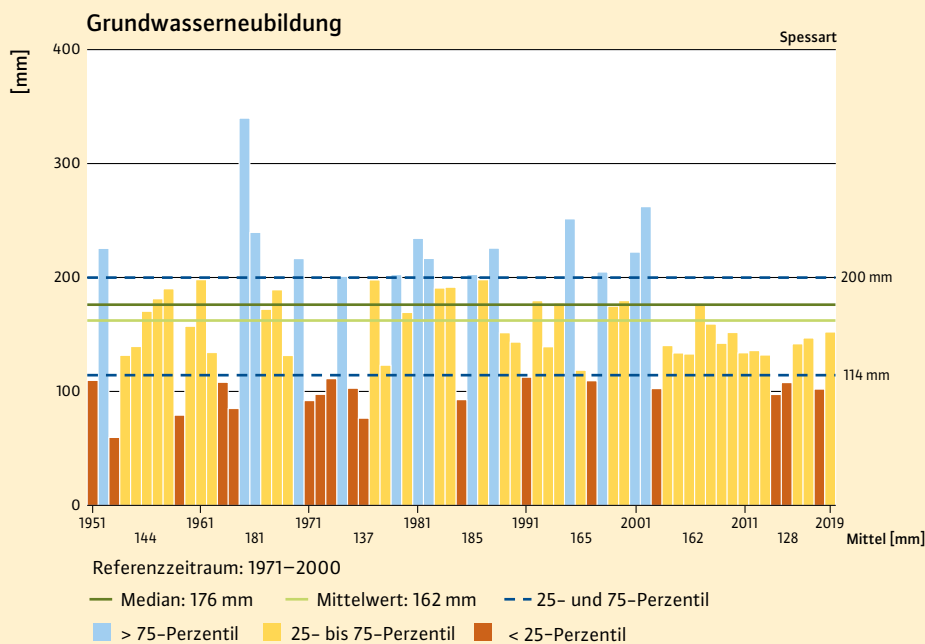
Die öffentliche Wasserversorgung stützt sich in Bayern zu mehr als 90% auf Grund- und Quellwasser (Statistisches Bundesamt 2019). Eine nachhaltige Bewirtschaftung der entsprechenden Ressourcen hat deshalb einen hohen Stellenwert. Als ein wichtiges Maß für die natürliche Regenerationsfähigkeit der Grundwasservorkommen dient die Grundwasserneubildung. Ausgehend vom Niederschlag wird sie als Teil der Wasserbilanz stark von den Verlustgrößen »tatsächliche Verdunstung« und »Direktabfluss« beeinflusst und reagiert damit als Bilanzrest besonders empfindlich auf Änderungen aller übrigen Wasserhaushaltsgrößen, zum Beispiel im Zusammenhang mit den möglichen Auswirkungen des Klimawandels. Aus nutzungsbezogener Sicht spielt neben der Grundwasserneubildung auch die von der jeweiligen hydrogeologischen Situation regional unterschiedliche Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen eine Rolle. Dieser wichtige Aspekt kommt auch in der Struktur der öffentlichen Wasserversorgung in Bayern zum Ausdruck. Während ergiebige Grundwasserleiter in der Regel durch Brunnen erschlossen werden können, ist die Wasserversorgung in weniger ergiebigen Bereichen oft verstärkt auf die Nutzung von Quellwasser angewiesen. In Trockenjahren wie 2015 und 2018 waren

hier in Einzelfällen, insbesondere bei gering schüttenden Quellen, bereits zeitweilige Versorgungsengpässe zu verzeichnen. Auch in Anbetracht einer evtl. weiter zunehmenden Trockenheit in der Zukunft wird potenziell betroffenen Gemeinden daher seitens der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung die Prüfung alternativer Versorgungsmöglichkeiten empfohlen (»zweites Standbein«).

Grundwasserstände und Quellschüttungen gehen zurück

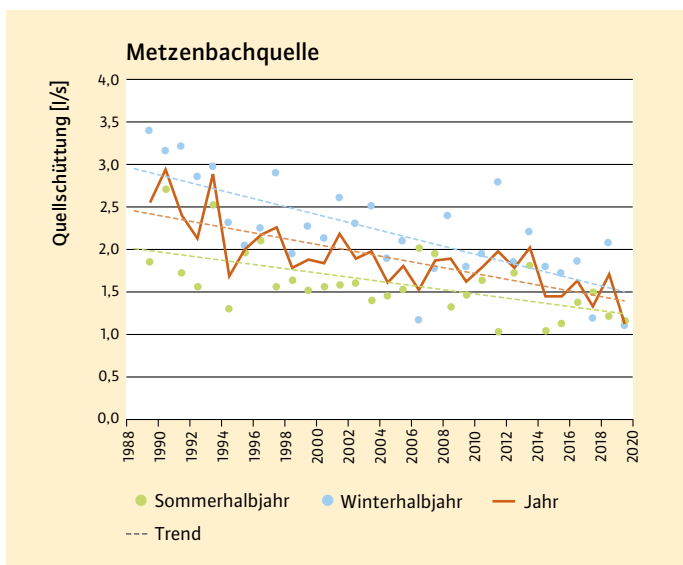
Als Folge der zumeist unterdurchschnittlichen Winterniederschläge seit 2003 ist die Grundwasserneubildung in Süddeutschland gegenüber dem Referenzzeitraum (1971–2000) bereits deutlich zurückgegangen (Kopp et al. 2018). So konnte mit Hilfe des länderübergreifend eingesetzten Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW (Gudera & Morhard 2015) gezeigt werden, dass sich auf diese Weise inzwischen ein mittleres Defizit für Bayern in Höhe von 15% aufgebaut hat. Einzelne Extremjahre wie zuletzt 2018 erreichen dabei bayernweit sogar Abweichungen von mehr als 30% vom langjährigen Mittel. Auffällig ist auch hier wiederum die Häufung unterdurchschnittlicher Jahre in der jüngeren Vergangenheit. Hinzu kommt die mit mehr als 17 Jahren außergewöhnliche lange Andauer der Trockenperiode. Auch während früherer Trockenjahre, zum Beispiel in den 1960er und 1970er Jahren, waren zum Teil bereits erhebliche Defizite der Grundwasserneubildung zu verzeichnen. Im Gegensatz zur derzeitigen Situation wurden diese jedoch bereits nach deutlich kürzerer Zeit durch ausgeprägte Nassjahre mit nennenswerten Neubildungsüberschüssen wieder ausgeglichen. Mit dem aktuellen Winterhalbjahr 2019/2020 setzt sich die 2003 begonnene, langfristige Entwicklung in Bayern fort. Neben einem Niederschlagsdefizit in Höhe von 15% für ganz Bayern wirkte sich auch der zuletzt nahezu völlig fehlende Schneespeicher zusätzlich ungünstig auf die Entwicklung der Grundwasserneubildung aus.

Vergleicht man die Situation im Spessart mit den Verhältnissen im übrigen Bayern, so fällt auf, dass die Schwankungsbreite der jährlichen Werte im Spessart höher ist. Das bedeutet, dass die Unterschiede zwischen Normal- und Extremjahren hier besonders groß sein können. Zu-



3 Die jährliche Grundwasserneubildung im Spessart liegt seit dem Jahr 2003 ständig unter dem langjährigen Median. So eine lange Periode mit niedrigen Grundwasserbildungsraten hat es seit 1951 nicht gegeben. Quelle: LfU

4 Die Schüttung der Metzenbachquelle ist im Zeitraum 1988 bis 2019 deutlich zurückgegangen. Der Rückgang im Winterhalbjahr war stärker als im Sommerhalbjahr.



gleich fällt das Defizit im Spessart mit einem Wert von 17% sogar nochmals niedriger aus (Abbildung 3). Zum Ausgleich dieses mehrjährigen Wassermangels und zur nachhaltigen Wiederauffüllung der Grundwasserspeicher sind insbesondere überdurchschnittlich niederschlagsreiche Winter erforderlich. Modellrechnungen in Fallstudiengebieten haben jedoch gezeigt, dass einzelne Winter voraussichtlich nicht mehr ausreichen werden, um das entstandene mehrjährige Defizit vollständig kompensieren zu können (Neumann 2018).

Langfristige Änderungen der Grundwasserneubildung müssen zwangsläufig Auswirkungen auf Grundwasserstände und Quellschüttungen haben. So wurde bayernweit in den letzten Jahren eine stetig steigende Zahl von Niedrigstgrund-



wasserständen und -schüttungen an den staatlichen Messstellen registriert. Der bisherige Rekordwert für Bayern wurde vor allem auf Grund der trockenen »Vorgeschichte« der vorangegangenen Jahre erst im Jahr 2019 erreicht (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2020). Zur Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen können auch die tagesaktuell veröffentlichten Daten im Niedrigwasser-Informationssdienst Bayern (NID) herangezogen werden (www.nid.bayern.de). Eine statistische Auswertung und Einordnung der entsprechenden Datenreihen zeigt dabei, dass die größte Zahl an Messstellen mit niedrigen Messwerten sogar erst Ende Januar 2020 registriert wurde.

Auch an der Schüttung der Quelle des Metzenbaches im IHM-Messgebiet »Hochspessart« (Abbildung 4) lässt sich seit 1989 ein klar negativer Trend erkennen. Diese Entwicklung der Schüttungsmengen zeigt sich sowohl im Sommerhalbjahr als auch insbesondere im Winterhalbjahr. In den letzten Jahren war die Schüttung der Metzenbachquelle im Winterhalbjahr mit durchschnittlich 1,5 l/s nur noch halb so hoch wie zu Beginn der Messungen Anfang der 1990er Jahre.

Wassermangel im Boden führt zu Trockenstress für die Bäume

Während der Vegetationszeit liegt die Bodensaugspannung im durchwurzelten Waldboden in der Regel zwischen 60 und 15.000 hPa, also im Bereich der nutzbaren Feldkapazität. Mit zunehmender Austrocknung nimmt der Füllstand des Bodenwasserspeichers ab und die Saugspannung, die die Wurzeln aufbringen müssen, um das Wasser aus dem Boden aufzunehmen, steigt an. Ab einem Füllstand von weniger als 40% der nutzbaren Feldkapazität kommt es zu Trockenstress für die Pflanzen, ab weniger als 30% zu starkem Trockenstress. An der Waldklimastation Rothenbuch ist das nur in besonderen Trockenjahren wie 2003, 2015, 2018 und 2019 stärker der Fall. Besonders auffällig ist dabei die Häufung solcher Trockenjahre seit 2015 mit entsprechenden Auswirkungen auf die Wälder (s. Beitrag Zimmermann et al. 2020, S. 18 in diesem Heft). Die Anzahl der Tage mit mangelhafter Wasserversorgung der

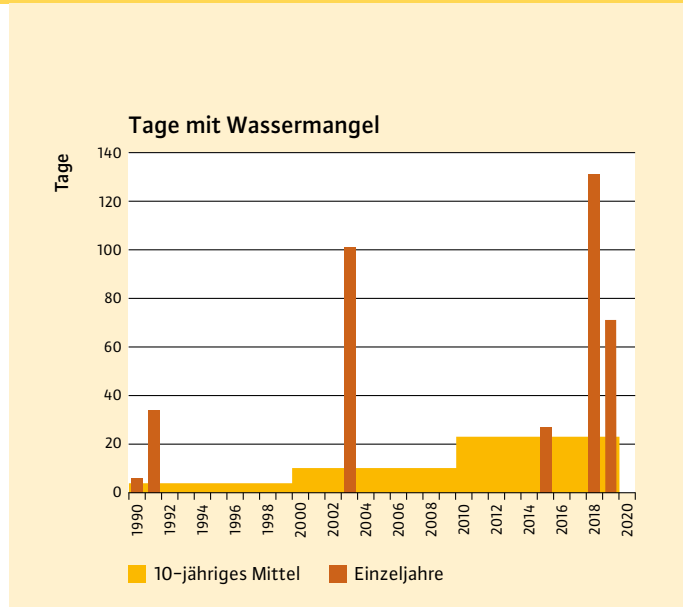
5 Die Metzenbachquelle nach einer Aufrüstung für kontinuierliche Quellschüttungsmessungen und Datenfernübertragung. Foto: N. Foullois, LfU

Waldbäume (verfügbarer Bodenwasservorrat im Wurzelraum unter 30% der nutzbaren Feldkapazität) nahm im Zehnjahresmittel vom Zeitraum 1990–1999 von vier Tagen über zehn Tage (2000–2009) auf 23 Tage im Zeitraum 2010–2019 zu (Abbildung 6). Besonders lang anhaltender Trockenstress herrschte in den Jahren 2003 mit über 100 Tagen und 2018 mit sogar 131 Tagen mangelhafter Wasserversorgung. Auch 2019 litten die Bäume an 71 Tagen unter massivem Trockenstress. Ansonsten ist die Wasserversorgung meist über die gesamte Vegetationsperiode hinweg ausreichend oder nur kurzzeitig eingeschränkt. In Trockenjahren ist der pflanzenverfügbare Wasservorrat im durchwurzelten Boden dagegen für mehrere Wochen nur noch mangelhaft und wurde zum Teil fast vollständig ausgeschöpft. Entsprechende Vitalitätseinschränkungen der Bäume sind die Folge (s. Beitrag Zimmermann et al. 2020, S. 18 diesem Heft).

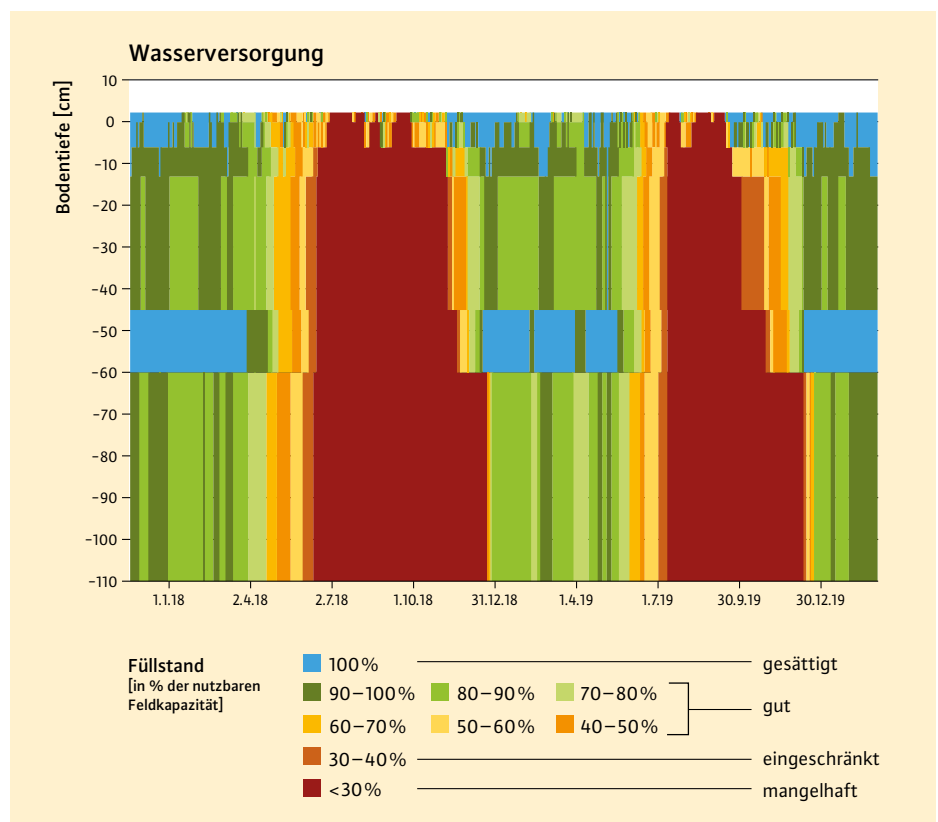
Unterschiede bei Boden und Grundwasser

Was passiert nun in extremen Trockenjahren mit der Wasserversorgung für Wald und Mensch? Hierzu bilden die Jahre 2018 und 2019 ein geradezu ideales Anschauungsobjekt und können als »Stresstest« für die möglichen Auswirkungen des Klimawandels betrachtet werden.

In beiden Sommern fielen im Spessart weit unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen und die Temperaturen waren deutlich höher als normal (vgl. Zimmermann & Raspe 2019, 2020). Dadurch stieg die Transpiration der Bäume zunächst extrem stark an und die Bodenwasservorräte gingen entsprechend zur Neige, so dass die Bäume ihre Spaltöffnungen zunehmend schließen mussten, um die Verdunstung zu verringern. Es entstand Trockenstress für die Bäume. Modellierungen des verfügbaren Bodenwasservorrates an der Waldklimastation Rothenbuch mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 (Hammel & Kenel 2001) zeigen, dass im Sommer 2018 bereits ab Ende Juni der Bodenwasserspeicher in der gesamten Durchwurzelungstiefe bis auf unter 30% nFK ausgeschöpft wurde (Abbildung 7). Nur im Oberboden kam es im weiteren Verlauf des Sommers durch gelegentliche Niederschläge zu einer kurzfristigen Wiederbefeuchtung. Der tiefere Mineralboden blieb dagegen bis in den Januar des Folge-



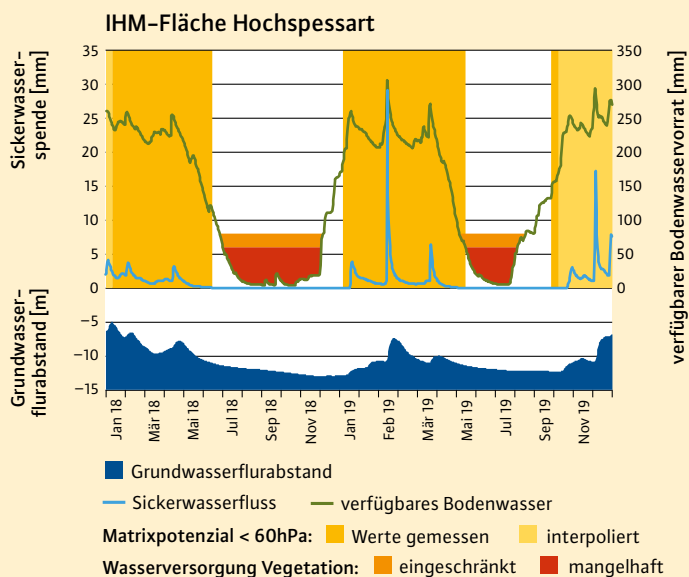
6 Die mittlere Anzahl der Tage mit Wassermangel hat an der WKS Rothenbuch von der Dekade 1990–1999 bis zur Dekade 2010–2019 kontinuierlich zugenommen. Im Trockenjahr 2003 litten die Bäume über drei Monate, 2018 sogar über vier Monate unter Trockenstress.



7 Füllstand des Bodenwasserspeichers der Waldklimastation Rothenbuch von Januar 2018 bis Februar 2020. In beiden Sommern waren die Wasservorräte im Boden bis in 110 cm Tiefe weitgehend ausgeschöpft und wurden über den Winter langsam von oben nach unten wieder aufgefüllt.

jahres hinein trocken. Die Wiederauffüllung des Bodenwasserspeichers begann jedoch bereits Ende Oktober im Oberboden und setzte sich allmählich bis in 60 cm Tiefe fort, so dass hier ab Anfang Dezember wieder ein Füllstand von über 40% nFK erreicht wurde. Ab Mitte Januar war der Bodenwasserspeicher in dieser Tiefe dann sogar vollständig wieder gefüllt und auch im tieferen Mineralboden bis 1,10 m Tiefe war die Wasserversorgung der Wurzeln wieder ausreichend. Auch wenn die von oben nach unten erfolgte Wiederbefeuchtung der Waldbö-

den im Jahr 2018 also besonders lange dauerte, konnte der Wald an der WKS Rothenbuch dennoch mit gut gefüllten Bodenwasserspeichern in die Vegetationsperiode 2019 starten. Ab Mitte Juli begann dann auch in diesem Jahr wieder eine tiefreichende Austrocknung der Waldböden, die aber nicht so lange andauerte wie im Vorjahr. Bis Anfang November waren die Bodenwasserspeicher bis zu einer Tiefe von 50 cm wieder mindestens zur Hälfte gefüllt (> 50% nFK) und bis Mitte Dezember dann auch im gesamten Wurzelraum bis 1,10 m Tiefe.



8 Trockenheit und Wiederauffüllung der Wasserspeicher zeigen im Boden und Grundwasser eine unterschiedliche Dynamik. Im Sommer wird der Bodenwasserspeicher nahezu vollständig ausgeschöpft und im Winterhalbjahr langsam wieder aufgefüllt. Erst wenn der Bodenwasservorrat wieder Feldkapazität erreicht hat und die Bodensaugspannung unter 60 hPa fällt, kommt es wieder zu einer nennenswerten Sickerwasserspende und mit einem leichten Zeitverzug zum Anstieg des Grundwasserstandes.

Mitte März 2020 waren die Bodenwasservorräte an der WKS Rothenbuch vollständig gefüllt, danach stellte sich die Großwetterlage aber grundlegend um. Beständige Hochdruckgebiete übernahmen das Wetterregime und dem Regen wurde förmlich der »Hahn abgedreht«. Im April begann die Abnahme der winterlichen Bodenwasservorräte bei teilweise schon sommerlich-warmer Witterung. Diese Frühjahrstrockenheit im April wiederholte sich nun im dritten Jahr in Folge und ist ein Beispiel für häufigere Trockenperioden im Klimawandel. Die hohen Verdunstungsraten wurden zusätzlich durch starken und trockenen Wind aus Osten begünstigt. Durch den späten Termin des Laubaustriebs der Eichen an der Mittelgebirgs-Waldklimastation sank die Füllung bis Ende April aber nur auf 90% nFK. Der unter dem langjährigen Mittel bleibende Niederschlag im gesamten Winterhalbjahr (November–April), lediglich unterbrochen durch die ergiebigen Niederschläge von Ende Januar bis Mitte März, sorgte für eine erneut unterdurchschnittliche Grundwasserneubildung.

Autoren

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

Nicole Foullouis ist Mitarbeiterin im Referat »Grundwassermonitoring« des Bayerischen Landesamts für Umwelt, Dr. Jörg Neumann ist der Leiter dieses Referats.

Kontakt: Stephan.Raspe@lwf.bayern.de, Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de, Nicole.Foullouis@lfu.bayern.de, Joerg.Neumann@lfu.bayern.de

Grundwasserspende hinkt steigenden Bodenwassergehalten hinterher

Trockenheit und Wiederauffüllung der Wasserspeicher zeigen im Boden und Grundwasser eine unterschiedliche Dynamik. Das lässt sich anhand von Modellierungen des Bodenwasserhaushalts und der Sickerwasserspende mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 sowie Messungen der Bodensaugspannung und des Grundwasserstandes auf der IHM-Messfläche »Hochspessart« zeigen (Abbildung 8). Während der Trockenjahre 2018 und 2019 wurde der Bodenwasserspeicher im Sommer nahezu vollständig ausgeschöpft und der Wald litt unter Trockenstress. Im Herbst und zu Beginn des Winters wurde der Waldboden in beiden Jahren langsam wieder befeuchtet, so dass bis Jahresende jeweils wieder Feldkapazität erreicht wurde. Nun lag das Matrixpotenzial im Boden (Bodensaugspannung) wieder unter 60 hPa und die Sickerwasserspende setzte ein. Mit einem Zeitverzug wurde dann auch an der Grundwassermessstelle ein Anstieg des Wasserstands gemessen. 2018 nahm der Grundwasserstand bis zum Jahresende hin deutlich ab. Die anschließende Wiederauffüllung des Grundwasserspeichers dauerte schließlich bis Ende März 2019. Während also der nutzbare Bodenwasserspeicher für den Wald bereits Ende des Jahres wieder vollständig aufgefüllt war, lag in dem für die Trinkwasserversorgung des Menschen wichtigen Grundwasserspeicher bis Ende März noch ein Defizit vor, so dass in der Presse zum Teil noch von Wassermangel gesprochen wurde.

Zusammenfassung

Der Klimawandel verändert auch im Wald den Wasserhaushalt mit Konsequenzen für die Wasserversorgung der Bäume wie auch für das Grundwasser als wichtigste Trinkwasserressource des Menschen. Die Mechanismen, aber auch die unterschiedlichen Dynamiken im Bodenwasserhaushalt sowie im Grundwasser werden an einem Beispiel im Hochspessart dargestellt. Abnehmende Niederschläge im Winterhalbjahr führten in den letzten Jahren zu einer abnehmenden Grundwasserneubildung, deutlich sichtbar auch an einer zurückgehenden Quellschüttung. Für die Waldbäume ist neben der Wiederbefüllung der Bodenspeicher im Winter vor allem das Wasserangebot während der Vegetationszeit von Bedeutung. Modellierungen der Bodenfeuchte zeigen in den letzten Jahren auch an diesem Standort im Mittelgebirge häufigere und intensivere Trockenstressperioden im Sommerhalbjahr. Der zeitliche Verlauf der Bodenfeuchte, kombiniert mit Messungen des Grundwasserstandes, zeigt die zeitverzögerte Wiederbefüllung des Grundwassers im Winterhalbjahr, da nach längerer Trockenheit der Boden zunächst erst wieder aufgesättigt werden muss, um eine Spende ins Grundwasser geben zu können. So kann es noch ein Defizit im Grundwasser geben, selbst wenn die Bodenwasservorräte im Wald längst wieder gefüllt sind. Das Bodenwasser reagiert als Speicher vergleichsweise schnell auf Niederschläge, während die Regeneration des Grundwassers zeitlich verzögert erfolgt und ihre Höhe stark von der Niederschlagsmenge im Winterhalbjahr abhängt. Auf diese Weise kann sich im Grundwasser über mehrere Jahre ein erheblich größeres Defizit als im Bereich des Bodenspeichers aufbauen. Niedrige Grundwasserstände erlauben daher keine direkten Rückschlüsse auf die Wasserversorgung der Bäume und ersetzen keine aktuelle Betrachtung des Bodenwasserhaushalts im Wald.

Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2020):** Gewässerkundlicher Jahresbericht 2020 (www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserkundliche_berichte/jahresberichte/index.htm)
- Gudera, T.; Morhard, A. (2015):** Hoch aufgelöste Modellierung des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung mit GWN-BW. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 59 (5), S. 205–216; DOI: 10.5675/HyWa_2015_5_1
- Hammel, K.; Kennel, M. (2001):** Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell Brook90. Forstl. Forschungsber. München 185
- KLIWA (2017):** Monitoringbericht 2016 – Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen (www.kliwa.de/_download/KLIWA_Monitoringbericht_2016.pdf)
- Kopp, B.; Baumeister, C.; Gudera, T.; Hergesell, M.; Kampf, J.; Morhard, A.; Neumann, J. (2018):** Entwicklung von Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz und Hessen von 1951 bis 2015. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, 62, (2), S. 62–76; DOI: 10.5675/HyWa_2018_2_1
- Neumann, J. (2018):** Vulnerabilität von Grundwassersystemen Süddeutschlands – Ergebnisse von Stresstestuntersuchungen. In: KLIWA-Berichte Heft 22: 6. KLIWA-Symposium am 22./23. Mai 2017 in Baden-Baden. Fachvorträge Risiko Klima – Herausforderungen managen; S. 211–218
- Statistisches Bundesamt (2019):** Öffentliche Wasserversorgung 2016. Fachserie 19, Reihe 2.1.1. 79 S.
- Zimmermann, L.; Raspe, S. (2019):** Witterung 2018: »Heißzeit« von April bis November. LWF aktuell 121, 63–65
- Zimmermann, L.; Raspe, S. (2020):** Wieder ein Jahr mit außergewöhnlicher Witterung. LWF aktuell 125, 63–65
- Zimmermann, L.; Raspe, R.; Dietrich, H.-P.; Wauer, A. (2020):** Wassermangel und Waldgesundheit. LWF aktuell 126, S. 18–23

Standortfaktor Wasserhaushalt im Wald

Forschungsanstalten erarbeiten standortgerechte Darstellung des Wasserhaushalts im Klimawandel

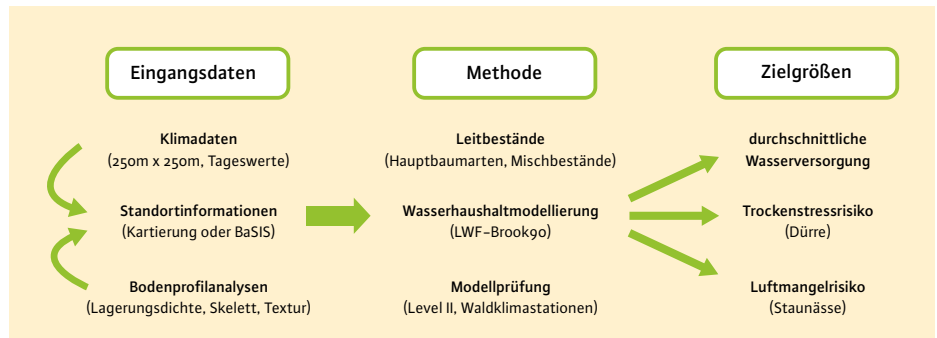
Wendelin Weis, Axel Wellpott und Wolfgang Falk

In weiten Teilen Deutschlands waren die Jahre 2018 und 2019 außergewöhnlich heiß und trocken. Die damit verbundenen Reaktionen der Waldbäume verdeutlichen die Bedeutung der Wasserversorgung für Wälder im Klimawandel. Ohne eine belastbare Einschätzung des Wasserhaushalts in Abhängigkeit von Klima und Boden ist die Beurteilung der Anbaueignung von Baumarten nicht möglich. Klimaveränderungen müssen dabei mit abgebildet werden können. Die LWF und andere forstlichen Forschungsanstalten erarbeiten deshalb eine objektive, dynamische und standortspezifische Darstellung des Wasserhaushalts im Klimawandel.

Von Anfang an erkannte die forstlichen Standorterkundung die Bedeutung des Standortfaktors Wasserhaushalt. Im dreistelligen Ziffernsystem der klassischen bayerischen Standortkartierung beschreibt die dritte Ziffer qualitativ Wassermangel und -überschuss in je fünf Stufen. Allerdings erfolgte die Umsetzung über mehrere Jahrzehnte hinweg und ist bayernweit nicht einheitlich. In jüngerer Vergangenheit wurde deshalb verstärkt an der Vereinheitlichung der Standortinformationen gearbeitet (Weis et al. 2018).

Das »Bayerische Standortinformationssystem« – einheitlicher Standard für Bayern

Als Alternative und Ergänzung erfolgte 2013 im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS erstmals eine bayernweit einheitliche Einschätzung des Wasserhaushalts im Wald über Wasserhaushaltsmodellierungen (Osenstetter et al. 2013). Zur Übertragung in die Fläche kamen statistische Verfahren zum Einsatz. Dargestellt wird ein Luftmangel-Index (Staubnässrisiko) und das mittlere sommerliche Wasserdefizit der Jahre 1971–2000 für die Beispielbaumart Fichte. Um neben der durchschnittlichen Wasserver-



1 Konzept zur bayernweit einheitlichen, objektiven und dynamischen Darstellung von Wasserhaushalts-Kenngrößen in Standortinformationssystemen

sorgung das Trockenheitsrisiko besser hervorzuheben und insbesondere flächgründige Standorte differenzierter darzustellen, erfolgten 2019 Experten-basiert entsprechende Korrekturen (Mette et al. 2019).

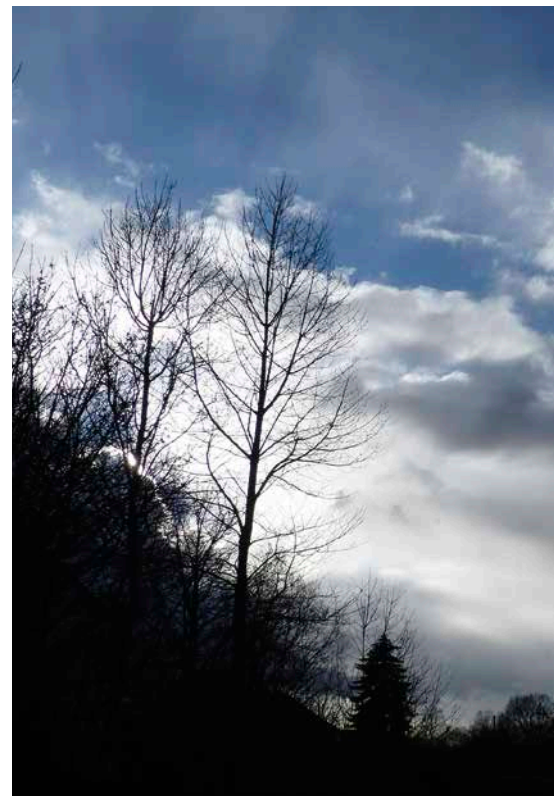
Projekt »Wasserhaushalt im Klimawandel«: wirklichkeitsnah, räumlich hochaufgelöst und dynamisch

Ebenfalls 2019 startete ein vom Waldklimafonds finanziertes Verbund-Projekt der forstlichen Versuchsanstalten in Freising, Göttingen und Freiburg, um methodische Schwächen des Ansatzes in BaSIS aus 2013 zu überwinden und das Vorgehen auch in der klassischen Standorterkundung zu etablieren. Ermöglicht wird dies durch nun zur Verfügung stehende zeitlich und räumlich hochaufgelöste Klimadaten und Klimaprognosen sowie die höheren Rechenleistungen im EDV-Bereich. Der Wasserhaushalt aller Standorteinheiten kann so direkt und ohne Umweg über statistische Verfahren mit Hilfe eines Wasserhaushaltsmodells berechnet werden. Durch optimale Umsetzung und Berücksichtigung von Klima, Lage und Boden im Modell soll eine Korrektur über Expertenwissen überflüssig werden.

2 Aus Gewitterwolken fällt nur zeitlich und räumlich eng begrenzt Niederschlag. Sie sind ein Beispiel, wie wichtig hochaufgelöste Klimadaten für die Güte einer standortspezifischen Wasserhaushaltsmodellierung sind. Foto: W. Weis, LWF

Das Konzept

Wasserhaushaltsmodelle wie LWF-Brook90 (Hammel & Kennel 2001) bauen vornehmlich auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten auf. So können Bodeneigenschaften (Lagerungsdichte, Korngrößenverteilung, Humusgehalt der Bodenhorizonte) mit Lageeigenschaften (Hangneigung, Exposition) und meteorologischen Messungen (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlung, Windgeschwindigkeit, Niederschlag in täglicher Auflösung) zu explizit standortspezifischen Ergebnissen verknüpft werden.



3 Klassifizierung von Ergebnissen standortbezogener Wasserhaushaltsmodellierungen und Verschiebung der Häufigkeitsverteilung bei Klimaveränderung

* Transpirationseinschränkung 25% oder mehr

**Bundeswaldinventur

Wasserhaushaltsstufe	Anzahl von Trockenjahren* in 30 Jahren	Aufretenshäufigkeit an bay-erischen Punkten der BWI**	
		1971-2000	1981-2010
sehr frisch	0	37,0 %	32,6 %
frisch	1	13,6 %	16,6 %
ziemlich frisch	2 - 3	12,7 %	14,9 %
mäßig frisch	4 - 6	14,9 %	15,1 %
mäßig trocken	7-12	11,9 %	10,5 %
trocken	13-18	7,9 %	8,0 %
sehr trocken	19-30	2,0 %	2,3 %

Das prinzipielle Vorgehen zur objektiven, dynamischen und standortspezifischen Darstellung des Wasserhaushalts im Klimawandel (Abbildung 1) beinhaltet zunächst die Zuordnung nötiger Eingangsdaten zu den Standorteinheiten. Um den unterschiedlichen Wasserverbrauch wichtiger Baumarten (Fichte, Kiefer, Buche, Eiche) und Mischbestandstypen zu berücksichtigen, werden bayernweit repräsentative Leitbestände definiert. Die Modellparametrisierung wird an Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings kontrolliert und bei Bedarf verbessert. Anschließend erfolgt die Berechnung der Wasserhaushaltsgrößen für die forstlichen Standorteinheiten – zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit zwischen den Standorten mit einheitlichen Leitbeständen. Im letzten Schritt findet eine Klassifizierung der Resultate statt. Die Informationen zu durchschnittlicher Wasserversorgung, Trockenstressrisiko und Luftmangelrisiko bei Staunässe werden so für den Forstpraktiker einfach, aber fundiert darstellbar. Karten und Abbildungen in geografischen Informationssystemen (GIS) sollen den Standort gemäß

seiner Beschreibung korrekt und baumartenspezifisch wiedergeben sowie die Darstellung unterschiedlicher Klimaperioden und Prognosezeiträume erlauben.

Treibende Kraft: hochaufgelöste Klimadaten

Jahres- und Monatswerte von Temperatur und Niederschlag können erste Anhaltspunkte über die Wasserversorgung im Wald geben. Um Trockenstress aber verlässlich zu quantifizieren, sind Angaben zur Intensität und Dauer heißer niederschlagsfreier Perioden nötig. Dies ist umso entscheidender, da gut etablierte Bäume durch intensive und oft sehr tief reichende Durchwurzelung des Bodens kürzere Trockenperioden bei geeigneten Standortverhältnissen ohne große Einschränkungen überstehen. Unter Umständen genügen auch in niederschlagsarmen Jahren wenige sommerliche Gewitter, um bei gut wasserspeichernden Böden Trockenstress zu verhindern. Hinzu kommt, dass im Wald, neben der Transpiration von Bäumen und Bodenvegetation, ein beachtlicher Teil der jährlichen Verdunstung durch das Verdampfen des im Kronenraum aufgefangenen Wassers, der sogenannten Interzeptionsverdunstung, erfolgt. Fällt kein Niederschlag, findet auch keine Interzeptionsverdunstung statt. Erst die Nutzung zeitlich hochaufgelöster Klimadaten zur Wasserhaushaltsberechnung erlaubt eine adäquate Beschreibung solcher Prozesse.

Zeitreihen meteorologischer Größen werden seit Langem vom Deutschen Wetterdienst (DWD) an vielen Stationen in Deutschland erhoben und mit bis zu stündlicher Auflösung zur Verfügung gestellt. Für Wasserhaushaltsmodellierungen ist für die meisten Fragestellungen eine tägliche Auflösung ausreichend. Unter Leitung der Professur für »Physische Geographie« der Universität Hamburg erfolgte in den letzten Jahren die Regionalisierung der Messdaten des DWDs über

geografisch gewichtete Regressionen im 250-m-Raster (Dietrich et al. 2019). Diese Daten berücksichtigen sowohl großräumige Klimaunterschiede als auch reliefbedingte Überprägungen, sind optimal für die Wasserhaushaltsmodellierung mit LWF-Brook90 geeignet und stehen für den Zeitraum 1961 bis 2018 auch für Bayern zur Verfügung. Demnächst werden zusätzlich eine Reihe von Klimaprojektionen bis zum Jahr 2100 in der gleichen räumlichen und zeitlichen Auflösung bereitgestellt, die eine Abbildung des Einflusses möglicher Klimaentwicklungen auf den Wasserhaushalt erlauben.

Der Boden als »Mediator«

Durch die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens können auch längere niederschlagsfreie Perioden ausgeglichen werden. Oft dient dabei als einfaches Maß die nutzbare Feldkapazität des Bodens, also diejenige Wassermenge, die weder schnell versickert noch in den Feinporen des Bodens so festgebunden ist, dass eine Wasseraufnahme durch Wurzeln unmöglich wird. Deterministische Wasserhaushaltsmodellierungen berücksichtigen aber zusätzlich, dass der Bodenwasserspeicher jährlich mehrfach und auch nur teilweise gefüllt und geleert werden oder nach trockenen Wintern bereits zu Vegetationsbeginn Defizite aufweisen kann. Außerdem wird die Fließgeschwindigkeit des Wassers hin zu den Feinwurzeln mit abgebildet. Die Wasserleitfähigkeit im Boden ist stark vom Bodenwassergehalt abhängig und verringert sich während der Bodenaustrocknung um mehrere Größenordnungen. Damit nimmt sie entscheidend Einfluss auf die Transpirationseinschränkung. Die Beurteilung der Wasserverfügbarkeit am Standort kann so gegenüber einfachen Abschätzungen deutlich verbessert werden.

Wichtige Voraussetzung ist dabei die Verfügbarkeit der benötigten Bodeninformationen. Die Nutzung gemessener Eigenschaften von spezifisch den Standorteinheiten zugeordnete Bodenprofilen wurde in BaSIS bereits umgesetzt. Prinzipiell anwendbar und in Testregionen erprobt ist das Verfahren auch auf die Einheiten der klassischen Standortkartierung. Je besser zugeordnete Bodenprofile die Standorteigenschaften widerspiegeln, desto verlässlicher sind auch die aus Wasserhaushaltsmodellierungen abgeleiteten Aussagen zum Wasserhaushalt. Aktuell





4 Bodeneigenschaften, die Speicherung und Verfügbarkeit von Bodenwasser positiv beeinflussen, helfen Bäumen, längere niederschlagsfreie Perioden unbeschadet zu überstehen. Foto: Wendelin Weis, LWF

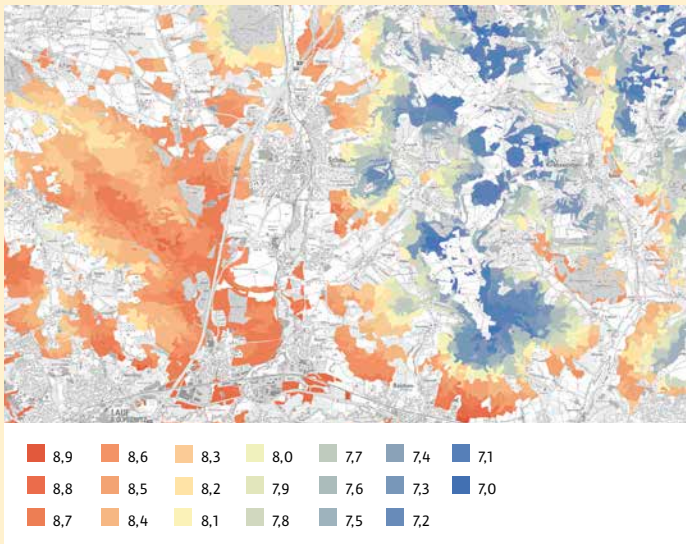
stehen dazu bayernweit etwas mehr als 2.000 Bodenprofile zur Verfügung, so dass die meisten Standorteinheiten charakterisiert werden können. In Einzelfällen ist eine Verbesserung der Datenbasis durch gezielte Bodenbeprobung jedoch sinnvoll.

Vorsicht vor einfachen Zusammenhängen

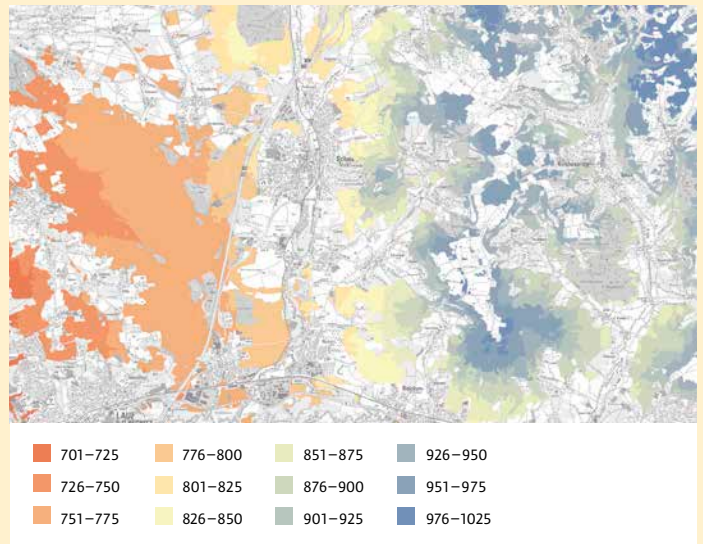
Ziel der Ergebnisinterpretation von Wasserhaushaltsmodellierungen ist es, die standörtlichen Besonderheiten des Wasserhaushalts zu charakterisieren. Dazu

müssen die Berechnungen zusammengefasst und sinnvoll für die Verwendung in der Forstpraxis klassifiziert werden. Ein Ergebnis der Wasserhaushaltsmodellierungen ist beispielsweise die tägliche Transpirationseinschränkung, die von 0 (uneingeschränkte Wasserversorgung) bis 100 Prozent (keine Wasseraufnahme möglich) reichen kann. Zur forstlichen Planung sind dagegen Informationen zur Häufigkeit und Intensität von Trockenereignissen über einen langen Zeitraum sinnvoll. In Abbildung 3 und in den Grafiken von Abbildung 5 wurde beispielsweise eine Klassifizierung gewählt, die für eine 30-jährige Klimaperiode die Anzahl von Jahren mit einer jährlichen

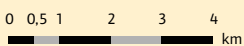
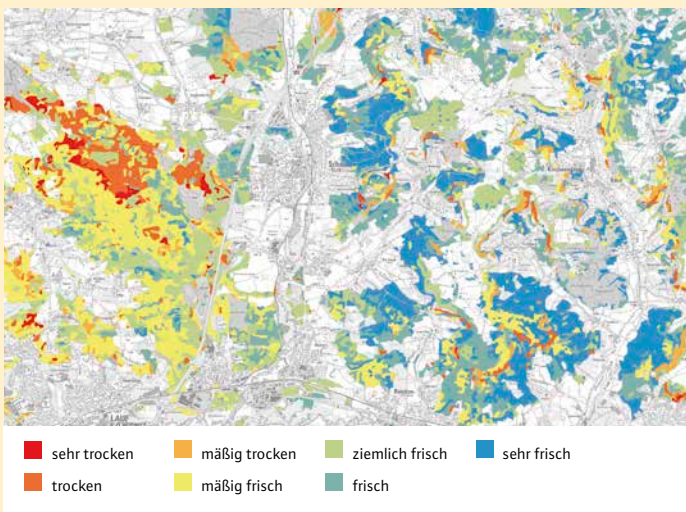
Jahresmitteltemperatur 1971–2000 [°C]



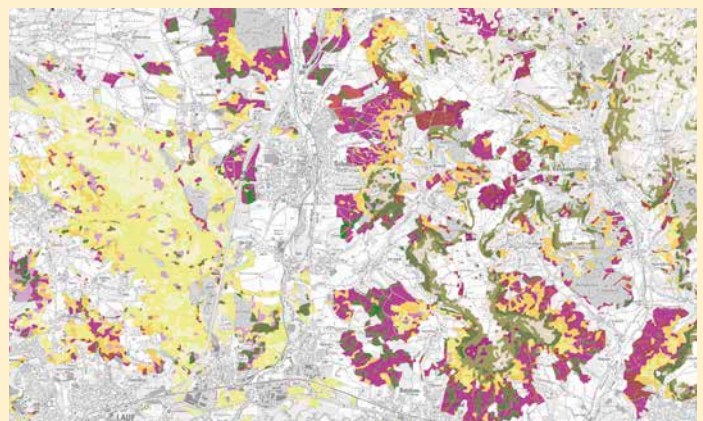
Jahresniederschlag 1971–2000 [mm]



Trockenstress Fichte 1971–2000



Substratgliederung der Standortkartierung



- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Humuskarbonatboden | Tonlehm/milder Ton |
| Humusdolomitboden | strenger Ton |
| Sand | Schichtsand über Ton |
| schwach lehmig./schluffig. Sand | schluffiger Sand über Ton |
| sandiger Lehm | lehmiger Sand über Ton |
| Lehm | Schichtlehm über Ton |
| Schlufflehm/schluffiger Lehm | Schichtfeinlehm über Ton |
| Feinlehm | Schichtschluff über Ton |
| Kalkverwitterungslehm | Anmoor |
| Dolomitverwitterungslehm | Gewässer |

5 Klima, Boden und das aus Wasserhaushaltsmodellierungen abgeleitete Trockenstressrisiko bei Fichte für Wälder nordöstlich von Lauf an der Pegnitz

Transpirationseinschränkung für Fichte von mindestens 25 Prozent zählt. Am Beispiel ausgewählter Punkte in ganz Bayern wird auch der Einfluss bereits ablaufender Klimaveränderungen deutlich. Bereits die Verschiebung der Klimaperiode um zehn Jahre (1971–2000 zu 1981–2010) führt zu einer leichten Abnahme sehr frischer und einer Zunahme trockener und sehr trockener Standorte (Abbildung 3). Die Zusammenhänge zwischen Eingangs- und Zielgrößen sind dabei nicht linear. Für Fichte ergibt sich ein deutliches Trockenstressrisiko erst ab Sommertemperaturen (Mittelwert Juni–August) von mehr als 16 °C, Sommerniederschlägen (Summe Juni–August) von weniger als 300 mm und/oder einer nutzbaren Feldkapazität bis 1 m Tiefe von weniger als 150 mm. Südexponierte Hanglagen erhöhen das Trockenstressrisiko.

Noch komplizierter gestaltet sich die Ableitung des Luftmangelrisikos durch Staunässe aus Ergebnissen der Wasserhaushaltsmodellierung. Hier ist die Definition von Schwellenwerten nötig, die Bodenwassergehalt und Luftmangel sinnvoll verknüpfen. Anschließend muss die Anzahl aufeinanderfolgender Tage mit Luftmangel als Intensitätsmaß ermittelt und über die Auswertung mehrere Jahrzehnte in eine charakteristische Standorteigenschaft übersetzt werden. Eine Umsetzung in Bayern steht hier noch aus.

Die Umsetzung: räumlich hoch aufgelöst und anpassungsfähig

Abbildung 5 zeigt ein Anwendungsbeispiel für Wälder nordöstlich von Lauf an der Pegnitz. Standortkundlich findet hier ein Übergang von Sandsteinkeuper (westlich) über Feuerletten und Flugsande bis in die Substrate des Oberpfälzer Juras (östlich) statt. Temperatur und Niederschlag zeigen einen deutlichen West-Ost-Gradienten mit wärmeren und trockeneren Verhältnissen im Westen. Der modellierte Trockenstress für Fichte spiegelt diesen Klimagradienten gut wider. Gleichzeitig werden auch Bodenunterschiede detailliert aufgeschlüsselt. Reine Sande werden als trocken, schwach lehmige Sande als mäßig trocken bis mäßig frisch eingeordnet. Schichtböden auf Ton zeigen eine deutlich bessere Wasserversorgung. Die Tonböden der Feuerletten werden auf Grund ihres geringen durchwurzelbaren Porenanteils ebenfalls eher als trocken beschrieben. Im stark relief-

Standortfaktor Wasserhaushalt im Klimawandel

Das Projekt WHH-KW soll die Wasserhaushaltsansprache in Standortkunde und Standortkartierung über deterministische Wasserhaushaltsmodellierung wirklichkeitsnah, räumlich hochaufgelöst und dynamisch in Bezug auf den Klimawandel abbilden. Die Ableitung und flächige Darstellung von Stressindikatoren des Wasser- und Lufthaushalts dienen zur Bewertung der aktuellen und zukünftigen Anbaueignung wichtiger Baumarten und sind Grundlage für eine risikoarme Forstwirtschaft.

Die Umsetzung erfolgt für die Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche, Eiche – im Reinbestand sowie in forstlich relevanten Mischungen – und wird an die landesspezifischen Standortinformationssysteme der Projektpartner angepasst. Von der Universität Hamburg werden Temperatur, Niederschlag, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit und relative Luftfeuchte räumlich explizit in täglicher Auflösung als Antriebsgrößen der Wasserhaushaltsmodellierung regionalisiert.

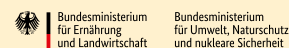
Förderkennzeichen: 22WK41410(1–4)

Laufzeit: 01.01.2019 – 31.12.2021

Projektpartner:

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Koordination)
- Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
- Universität Hamburg, Abteilung Physische Geographie

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



geprägten Jura sind niederschlagsreiche Kuppenlagen besser wasserversorgt. Vor allem für Humuskarbonatböden und Kalkverwitterungslehme mit oft eingeschränkter Wasserspeicherfähigkeit finden sich die trockeneren Standorte auf südexponierten Hängen. Der Vergleich verschiedener Klimaperioden ergibt eine ähnliche Verschiebung wie für die bayerischen Punkte der BWI in Abbildung 3.

Zusammenfassung

Um die forstliche Eignung von Standorten und Baumarten bei veränderten Klimabedingungen einschätzen zu können, ist eine objektive, dynamische, baumarten- und standortbezogene Beurteilung der Risiken von Trockenstress und Luftmangel nötig. Ermöglicht wird dies durch deterministische Wasserhaushaltsmodellierungen basierend auf räumlich und zeitlich hochaufgelösten Klimadaten und unter Nutzung der Informationen aus Boden- und Standortkartierung, digitalen Höhenmodellen und Bodenprofilanalysen. Aktuell umgesetzt wird dies in einem über Bundesmittel finanzierten Gemeinschaftsprojekt der forstlichen Forschungsanstalten in Freising, Göttingen und Freiburg (siehe Kasten). Bis Ende 2021 soll diese optimale Möglichkeit, die aktuelle und zukünftige Wasserverfügbarkeit und deren Einfluss auf die Bewirtschaftung von Wäldern darzustellen, im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS landesweit umgesetzt werden. Für die klassische forstliche Standortkartierung im Privat-, Kommunal- und Staatswald erfolgt aktuell eine Umsetzung für die Projektregion Nürnberger Land in Zusammenarbeit mit der Forstbetriebsgemeinschaft Nürnberger Land w. V., dem Verein für forstliche Standorterkundung e.V. und den Bayerischen Staatsforsten, die in Zukunft sukzessive ausgeweitet werden soll (interessierte Waldbesitzer und forstliche Vereinigungen können sich gerne bei den Autoren melden).

Für weitere Baumarten und Klimaprognosen ist das Verfahren noch nicht umgesetzt, dies soll aber zusammen mit der Ausweisung von Staunässestandorten über Wasserhaushaltsmodellierungen bis Ende 2021 im Rahmen des Waldklimafonds-Projekts »Standortfaktor Wasserhaushalt im Klimawandel« (siehe Kasten) erfolgen.

Literatur

- Dietrich, H.; Wolf, T.; Kawohl, T.; Wehberg, J.; Kändler, G.; Mette, T.; Röder, A.; Böhrner, J. (2019):** Temporal and spatial high-resolution climate data from 1961 to 2100 for the German National Forest Inventory (NFI): Annals of Forest Science 76:6
- Hammel, K.; Kennel, M. (2001):** Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte München 185
- Mette, T.; Kolb, J.; Schuster, O.; Falk, W.; Klemmt, H.-J. (2019):** BaSIS – Wasserhaushalt wird bodensensitiver. LWF aktuell 120, S. 50–52
- Osenstetter, S.; Falk, W.; Reger, B.; Beck, J. (2013):** Wasser, Luft und Nährstoffe – alles, was ein Baum zum Leben braucht. LWF aktuell 94, S. 12–17
- Weis, W.; Weichinger, P.; Müller, K.; Schuster, O.; Klemmt, H.-J.; Göttlein, A. (2018):** Standorterkundung in Bayern: Aus der Klassik in die Moderne. AFZ-Der Wald 22, S. 34–37

Autoren

Dr. Wendelin Weis, Dr. Axel Wellpott und Wolfgang Falk bearbeiten und koordinieren in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das vom Waldklimafonds (FKZ 22WK41410) finanzierte Verbund-Projekt »Wasserhaushalt im Klimawandel – Entwicklung eines Wasserhaushaltsmodellsystems für Trockenheits- und Luftmangel-Indikatoren in der forstlichen Standortkunde«.

Kontakt: Wendelin.Weis@lwf.bayern.de

Dürreperioden und ihre Wirkung auf Wälder

Regelmäßige Erhebungen an den Standorten des forstlichen Umweltmonitorings dokumentieren trockenheitsbedingte Veränderungen

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

Der Begriff »Dürre« wird je nach Profession doch etwas unterschiedlich interpretiert. Auch in der Forstwirtschaft sorgt das für Missverständnisse. Wir versuchen, die verschiedenen Dürrebegriffe wie auch Dürreindices ohne Anspruch auf Vollständigkeit vorzustellen und ihre Unterschiede zu vermitteln. Im folgenden wird der Frage nachgegangen, wie stark die Dürren der letzten Jahre waren und welche Folgen für Bodenwasserhaushalt und Gesundheit der Wälder dokumentiert sind. Viele Fragen nach den Auswirkungen lassen sich mit Hilfe des forstlichen Monitorings beantworten, beispielsweise: Wie entwickelte sich die Baumvitalität? Welche Schäden an Blattorganen waren zu erkennen? Wieviel Laub fiel schon vorzeitig ab oder starben Bäume sogar ab?

Gemeinhin werden die Begriffe Dürre, Trockenheit und Wassermangel synonym verwendet. Und doch haben wir heuer gerade im April erlebt, dass zum einen in den Medien schon von einer extremen Dürre bis in 1,8 m Bodentiefe in Südbayern gesprochen wurde, während der Deutsche Wetterdienst für diese Region bei seinen regelmäßigen Modellierungen der Bodenfeuchte für landwirtschaftliche Böden bis 60 cm Tiefe noch keine problematische Wasserversorgung erkennen konnte. Auch die Modellierung an der Waldklimastation Altötting zeigte, dass der Trockenstressbereich, den man näherungsweise bei einer Unterschreitung von 40 % der nutzbaren Feldkapazität ansetzt, noch lange nicht erreicht war. Wie ist das möglich?

Dürre: Wer versteht was darunter?

In der Wissenschaft wird der Begriff Dürre unterschiedlich definiert, je nachdem aus welcher fachlichen »Ecke« der Wassermangel betrachtet wird. Für die *Meteorologen* hängt Dürre davon ab, wie selten eine längere Niederschlagsarmut in der

Niederschlagsdefizit, Dürreindices und Klimatische Wasserbilanz

Einen Eindruck, wie wenig Niederschlag bspw. im Winterhalbjahr 2019/20 (1.11.2019–30.4.2020) gefallen ist, gibt zunächst die prozentuale Abweichung vom langjährigen Mittel. In Nordbayern sind 86 % des langjährigen Niederschlags gefallen, während es in Südbayern nur 81 % waren. Leidet Südbayern nun stärker unter dem Niederschlagsdefizit? Nein, denn wir wissen, in Bayern nehmen die Niederschläge von Norden nach Süden deutlich zu. Entscheidend für die Vegetation ist immer, wieviel absolut als Menge gefallen ist. So waren absolut in Nordbayern 334 l/m², in Südbayern dagegen 364 l/m² gefallen (www.nid.bayern.de/lage).

Standardisierter Niederschlagsindex« (SPI)

Um Monate mit Niederschlagsdefiziten statistisch einordnen zu können, wird der »Standardisierte Niederschlagsindex« (SPI) als Dürreindex verwendet. In einer langen Zeitreihe werden bspw. für eine Station für jeden Monat Häufigkeitsverteilungen der Niederschläge gebildet. Dann wird die Häufigkeit der fraglichen monatlichen Niederschlagssumme in eine Eintrittswahrscheinlichkeit umgewandelt, die durch den SPI angegeben wird. Beim SPI werden acht Klassen angegeben, von »Extrem zu feucht« bis »Extreme Dürre«. Letztere gilt bei unterdurchschnittlichem Niederschlag ab einer Wahrscheinlichkeit von $\leq 2,3\%$, was einem SPI von $\leq -2,0$ entspricht (www.dwd.de/DE/leistungen/spi/spi.html). Die Berücksichtigung unterschiedlich langer Zeiträume liefert Hinweise auf landwirtschaftlich relevante Dürren (Zeitraum ≤ 6 Monate) oder hydrologisch relevante Dürren (Zeitraum > 6 Monate). Als Dürre wird hier die Andauer einer negativen SPI-Periode bezeichnet, in welcher der SPI den Wert -1 erreicht bzw. unterschreitet.

Klimatische Wasserbilanz (KWB)

Für die Vegetation ist aber auch entscheidend, zu welcher Jahreszeit und bei welcher Witterung der Niederschlag fällt. In einem trockenen Winterhalbjahr leidet vor allem die fehlende Erneuerung der Grundwasservorkommen (Raspe et al. 2020), während sich die Vegetation noch in der

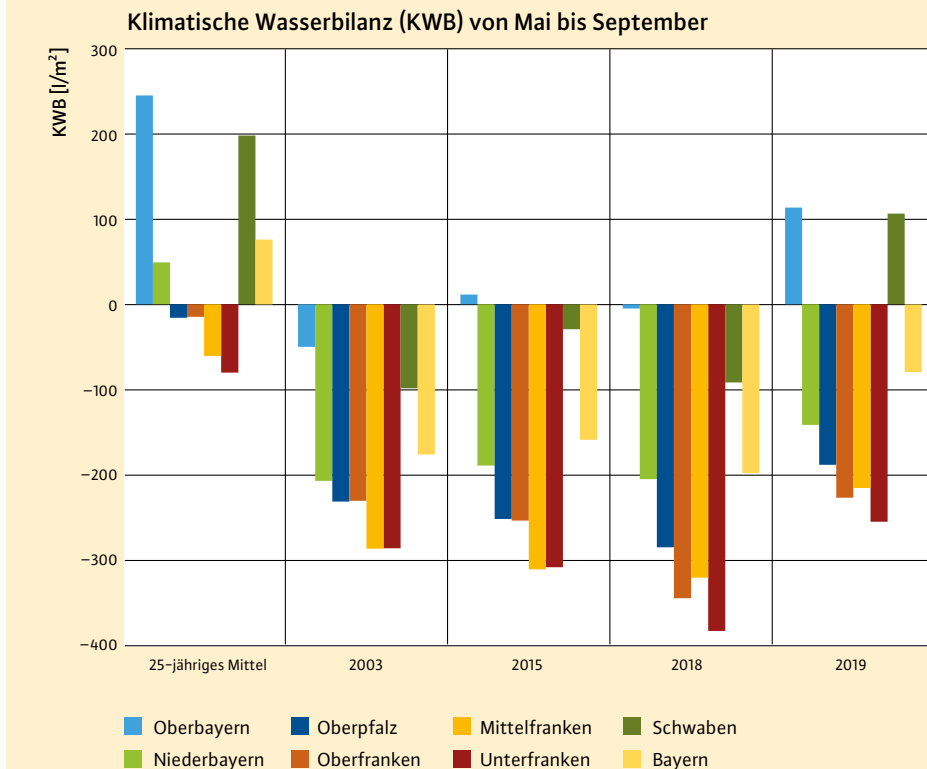
Winterruhe befindet und nur einen geringen Wasserbedarf aufweist. Die potenzielle Verdunstung beschreibt den atmosphärischen Verdunstungsanspruch aus meteorologischen Größen und nimmt noch eine standardisierte Landnutzung, meist Gras, hinzu. Aus der Differenz Niederschlag minus potenzielle Verdunstung wird dann die sog. Klimatische Wasserbilanz (KWB) berechnet. Hier wird angenommen, dass die potenzielle der tatsächlichen Verdunstung entspricht, was nur am Anfang stimmt, da aus schon trockenen Böden nichts oder nur noch wenig verdunsten kann. In Trockensommern ist daher die tatsächliche Verdunstung deutlich niedriger als die potenzielle. Die KWB stellt somit einen »Worst Case« dar. Analog zum methodischen Vorgehen beim SPI gibt es bei der KWB noch den »Standardized Precipitation Evapotranspiration Index« (SPEI).

Wasserhaushaltsmodelle

Bei der KWB ist anzumerken, dass Einflüsse einer unterschiedlichen Landnutzung auf die Verdunstung nicht berücksichtigt werden. So fehlt bei der Landnutzungsform Wald bspw. die wichtige Komponente der Interzeption. Deutlich besser ist es, wenn der Boden sowie die tatsächlichen Prozesse bei der Verdunstung berücksichtigt werden. Dazu bedient man sich am besten deterministischer Wasserhaushaltsmodelle wie dem LWF-BROOK90 (Weis et al. 2020). Mit einer zeitlich höher aufgelösten Modellierung kann der Grad der Füllung des für die Bäume verfügbaren Anteils des Bodenwassers (»nutzbare Feldkapazität«) in seiner zeitlichen Dynamik ermittelt werden (Raspe et al. 2020). Außerdem können Trockenheitsindikatoren wie das Transpirationsdefizit (T_{diff}) berechnet werden. Dabei gibt T_{diff} an, wie stark die Transpiration in einem Zeitraum eingeschränkt war und kann direkt mit der fehlenden Wassermenge in Beziehung gesetzt werden. Die KWB hat aufgrund ihrer einfachen Berechnung aber ihre Berechtigung, um Wasserknappheit flächig darzustellen und so regional differenziert den klimatischen Vergleich zwischen mehreren Trockenjahren zu ermöglichen.

1 Klimatische Wasserbilanz für die Monate der forstlichen Vegetationsperiode Mai–September für das 25-jährige Mittel (1991–2002, 2004–2014, 2016–2017) sowie für die Extremjahre 2003, 2015, 2018 und 2019

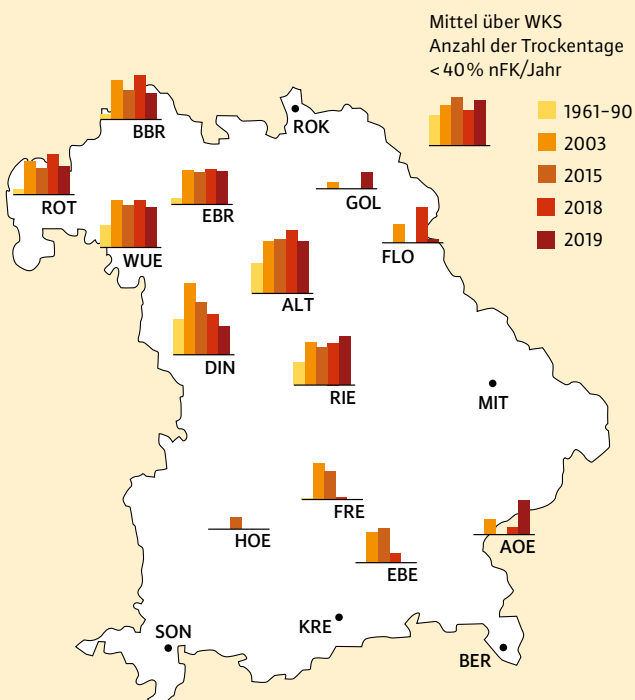
klimatologischen Geschichte einer Region oder eines Orts aufgetreten ist, unabhängig davon, ob das Wasserangebot für Pflanzen ausreicht. Die *Hydrologen* haben dagegen den Abfluss in den Fließgewässern fest im Blick, beispielsweise welcher Niedrigwasserstand an einem bestimmten Pegel noch nicht erreicht wurde oder wie lange eine Niedrigwasserperiode schon andauert. *Hydrogeologen* interessiert, welche Niedrigwasserstände an ihren Grundwasserpegeln erreicht werden und wie wenig Wasser aus den Quellen kommt, wenn überhaupt noch etwas herausröpfelt. Die *Land- und Forstwirte* bewegt dagegen die Sorge, wieviel Wasser für die Pflanzen noch in den Böden vorhanden ist und wie lange die Bäume den Trockenstress noch aushalten. Im Zentrum steht also die Frage, wie sich die Trockenheit auf die Pflanzen auswirkt. Schließlich existiert noch die für alle wirtschaftlich Tätigen wichtige *sozioökonomische Sichtweise*. Sie stellen sich die Frage, zu welchen (monetären)



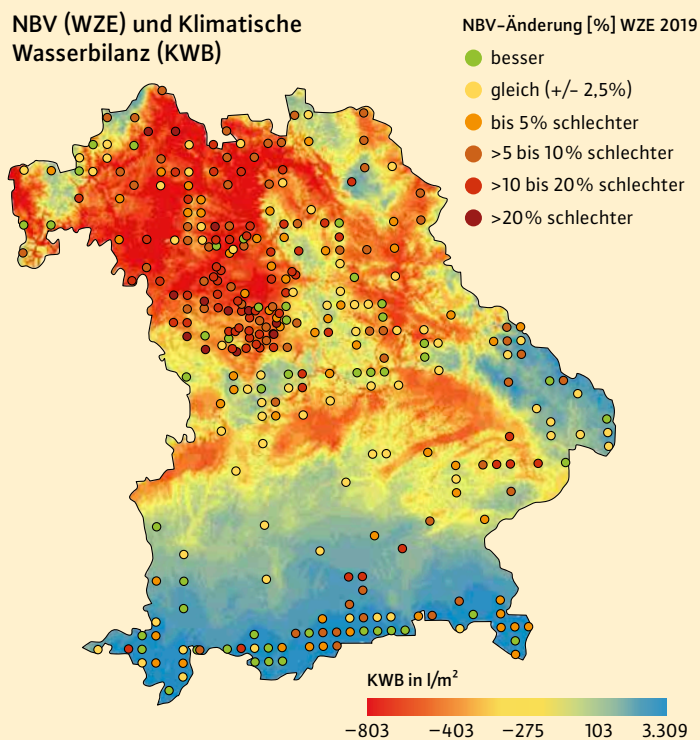
Schäden die Trockenheit bzw. ein vorzeitiger Ausfall der Pflanzen führt. In diesem Artikel beschäftigen wir uns mit dem wirkungsbezogenen Dürrebegriff, der Waldbesitzern und Förstern ebenso wie Landwirten und Gartenbe-

sitzern unmittelbar Sorge bereitet. Insbesondere gehen wir der Frage nach, wie intensiv die Trockenheit in den letzten Jahren war und wie sie sich auf die Wälder auswirkte.

2 »Trockentage« an 18 Waldklimastationen für das langjährige Mittel 1961–90 sowie für die Extremjahre 2003, 2015, 2018 und 2019



3 Nadel-/Blattverlust (NBV)–Änderung aller Baumarten in % WZE 2019 im Vergleich zur Klimatischen Wasserbilanz (KWB) April 2018 bis Juli 2019 in l/m^2



Dürre in Bayern

Die Klimatische Wasserbilanz ist als Synthese aus Niederschlag und atmosphärischem Verdunstungsanspruch zu verstehen. Letzterer Wert ergibt sich aus dem Sättigungsdefizit der Luft, der solaren Zustrahlung sowie dem Wind (siehe Kasten) und eignet sich zur Einordnung der Trockenheitsreaktion im Vergleich zum langjährigen Mittel. Wir vergleichen die Summe der Klimatischen Wasserbilanz für die forstlichen Vegetationsperiode (Mai–September) in den Extremjahren 2003, 2015, 2018 und 2019 mit dem 25jährigen Mittel. Um die regionalen Unterschiede in Bayern deutlich zu machen, werden die Ergebnisse auf Regierungsebene dargestellt. Die nördlichen Bezirke, Franken und die Oberpfalz, weisen bereits im langjährigen Mittel eine leicht negative Wasserbilanz auf, dort sind deutliche Reaktionen in den Extremjahren zu erkennen. In südlichen Bezirken ist nur 2003 und 2018 die Wasserbilanz deutlich negativ. Für Bayern betrachtet zeigt sich 2018 ein etwas stärkerer potenzieller Trockenheitsstress in der forstlichen Vegetationsperiode als 2003 (Abbildung 1).

Wesentlich ortsgenauer läßt sich die Situation an den 18 Waldklimastationen belegen, gestützt auf Bodenfeuchtemessungen und spezifische Modellierungen mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-BROOK90. Verglichen werden die Hitze- und Trockenjahre 2003, 2015, 2018 und 2019 mit dem langjährigen Mittel 1961–90 (Abbildung 2). Als Trockentag bezeichnen wir einen Tag, an dem die Bodenfeuchte unter den Grenzwert für beginnenden Trockenstress sinkt, d.h. 40% der nutzbaren Feldkapazität unterschritten werden. An allen Waldklima-

stationen (WKS) im Nordwesten Bayerns wurden zahlreiche Trockentage in jedem aufgeführten Extremjahr gemessen. Die tiefer gelegenen Waldklimastationen im Nordwesten wie Würzburg (WUE) auf der Mainfränkischen Platte, aber auch Ebrach (EBR) am Rand des Steigerwalds sowie Dinkelsbühl (DIN) im westlichen Mittelfranken und Riedenburg (RIE) im Jura weisen auch im langjährigen Mittel schon eine erhöhte Anzahl Trockentage auf. In den höheren Lagen von Spessart (WKS Rothenbuch ROT) und Rhön (WKS Bad Brückenau BBR) ist die Anzahl im langjährigen Mittel deutlich niedriger, dafür reagieren sie aber in jedem Trockenjahr deutlich. Richtung Nordosten im Frankenwald (WKS Rothenkirchen ROK) bzw. dem Fichtelgebirge (WKS Goldkronach GOL) ist nur in einzelnen Trockenjahren eine Trockenheitsreaktion zu erkennen, ebenso im Tertiärhügelland (WKS Freising FRE, WKS Höglwald HOE, WKS Altötting AOE) und auf der Münchener Schotterebene (WKS Ebersberg EBE). An den drei alpinen Waldklimastationen wie auch im Bayerischen Wald (WKS Mitterfels MIT) trat bisher kein Trockenstress auf.

5 Strahlungsschäden an Buche Foto: H.-P. Dietrich, LWF



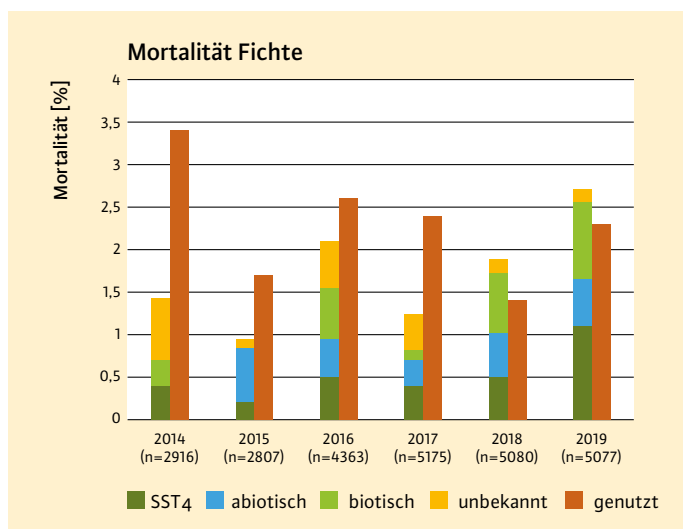
6 Nekrotische und vertrocknete Blattränder bei Wassermangel Foto: H.-P. Dietrich, LWF

Das forstliche Umweltmonitoring ist zweistufig aufgebaut. Die jährliche Waldzustandserhebung (WZE) begutachtet den Gesundheitszustand der Bäume visuell an derzeit 314 Inventurpunkten in Bayern (»Level 1«). Diese flächenrepräsentative Aufnahme liefert seit 1983 statistisch gesicherte Daten zum Waldzustand. Das intensive forstliche Umweltmonitoring (»Level 2«) an den Waldklimastationen ergänzt diese landesweiten Erhebungen. In charakteristischen Waldregionen werden Umweltbelastungen und ihre Wirkungen kontinuierlich erfasst und bewertet. Langjährige Meßreihen zu Zustandsgrößen in den Waldökosystemen liegen seit annähernd dreißig Jahren vor (Dietrich et al. 2018).

7 Verlichtete Baumkronen mit teilweise absterbender Oberkronen Foto: H.-P. Dietrich, LWF



4 Mortalität der Fichte aus den Waldzustandserhebungen 2014–2019: Anzahl der angesprochenen Fichten (n) mit kumulativem Anteil toter stehender und liegender Bäume ohne Feinreisig mit der Unterscheidung zwischen abiotischer, biotischer oder unbekannter Ursache, frisch abgestorbene Bäume (SST4) sowie gesondert Anteil Nutzung



Beobachtungen aus der WZE

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung (WZE) 2019 spiegeln die »Heißzeit« und Trockenheit von April bis November des Vorjahres 2018 sowie die Hitzewellen im Juni bis Juli 2019 wider. Mittel- und Unterfranken kristallisierten sich als Schadensschwerpunkte heraus (Abbildung 3). Dort sind die Nadel-/Blattverluste besonders hoch, vor allem bei der Kiefer (Wauer & Klemmt 2020). Vergleicht man die Nadel-/Blattverluste (NBV) aller Baumarten aus der WZE 2019 mit der Klimatischen Wasserbilanz für den Zeitraum April 2018 bis Juli 2019, häufen sich die Punkte mit höheren Nadel-/Blattverlusten in Gebieten mit hoher negativer klimatischen Wasserbilanz. Gleichzeitig befinden sich in diesen Gebieten auch Punkte mit einem geringeren Nadel-/Blattverlust als im Vorjahr. Mit Hilfe standort- und bestandsspezifischer Wasserhaushaltsmodellierungen (Weis et al. 2020) lassen sich solche Anomalien besser erfassen und klären.

Nadel-/Blattverluste

Die WZE-Datenerhebung findet im Juli nach vollständiger Blattentfaltung statt. Aus diesem Grund kann sie die Folgen eines trockenen Spätsommers im selben Jahr naturbedingt nicht erfassen. Deshalb wurden nach dem Hitzesommer 2015 einige bayernweit ausgewählte Inventurpunkte zu einem späteren Zeitpunkt nochmals angesprochen. An 30 Trakten mit insgesamt 996 Bäumen

nahm der mittlere Nadel-/Blattverlust in diesem Zeitraum um ein Fünftel zu, von 23,8% auf 28,5%. Die stärkste Veränderung zeigte die Kiefer (+3,7%), gefolgt von der Buche (+3,0%). Bei Eiche (+1,5%) und Fichte (+1,3%) war ein nur gering erhöhter Blatt- bzw. Nadelverlust zu beobachten. Fasst man die Stichprobe nach Laub- und Nadelbäume zusammen, lagen die Laubbäume mit einer NBV-Zunahme um +7,8% deutlich vor den Nadelbäumen (+1,9%) in der Herbstansprache.

Mortalitätsrate

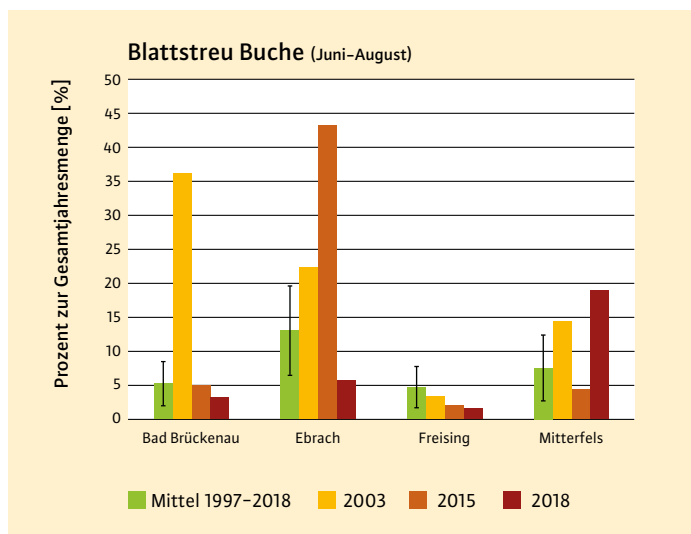
Da sich Nutzung und natürlicher Abgang bei der Aufnahme vor Ort nicht immer sicher unterscheiden lassen, wird natürliche Mortalität bei der WZE in der Regel unterschätzt. Die Mortalitätsrate (Abbildung 4) kann daher nur näherungsweise berechnet werden. Bei den flächenrepräsentativen Waldzustandserhebungen 2014 bis 2019 bewegte sich der Anteil abgestorbener Fichten insgesamt zwischen 1,0 bis 2,5%. Der Anteil der Nutzung lag bei 2,3 bis 3,3%. Nach den Trockenjahren 2015 und 2018 erhöhte sich die Absterberate bei der Fichte, insbesondere der Prozentsatz frisch abgestorbener Bäume (Schadstufe 4). Auch wurden deutlich mehr Bäume genutzt. Dies deutet auf einen gestiegenen Anteil »Zufälliger Ergebnisse« (ZE) hin. Bei der Kiefer lag die Absterberate in der Regel geringfügig niedriger. Der Anteil abgestorbener Buchen blieb stets unter dem der Fichte. Bei Eiche und Tanne waren die Absterberaten noch niedriger.

Beobachtungen an Waldklimastationen

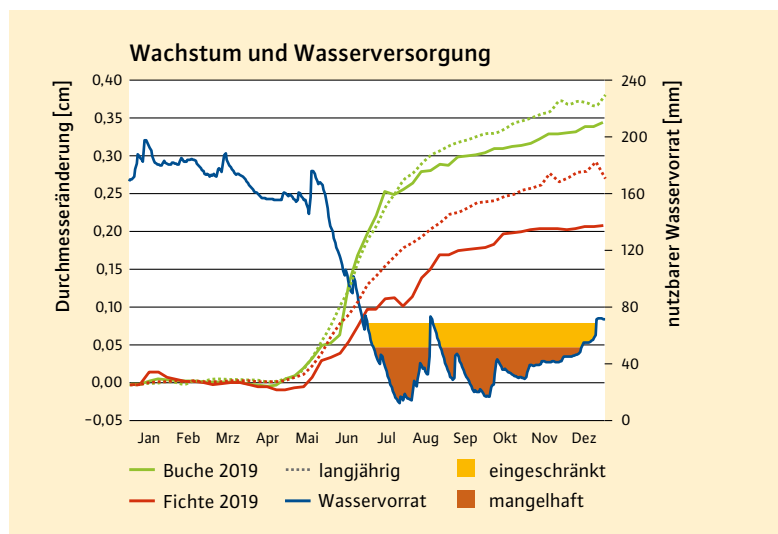
Aktuelle Erkenntnisse zu möglichen Risiken und physiologischen Reaktionen der Bäume auf Trockenheit sind in diesem Heft schon theoretisch dargestellt (Mette & Falk 2020). In diesem Artikel gehen wir der Frage nach, welche Trockenheitsreaktionen sich bisher in den Extremjahren an den Bäumen der Forschungsbestände der Waldklimastationen tatsächlich beobachten lassen.

Strahlungs- und Hitzeschäden an Blattorganen

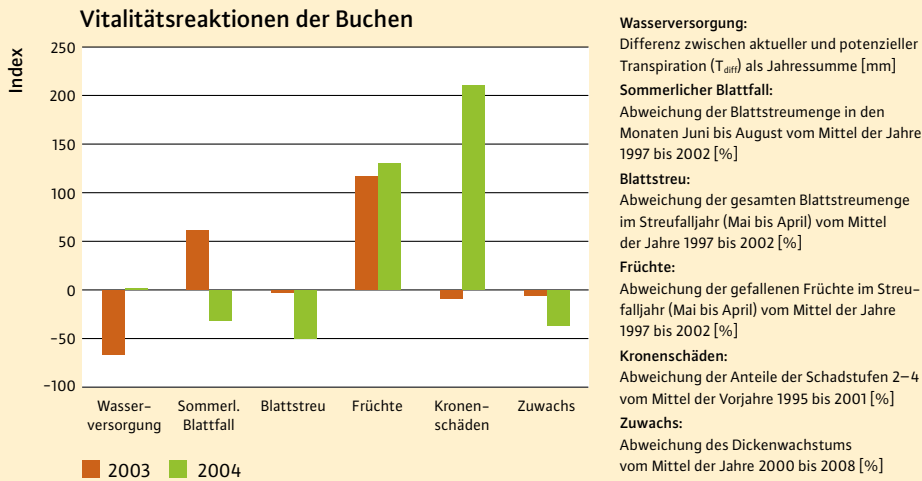
Die Oberflächen von Blättern und Nadeln sind gegen äußere Witterungseinflüsse oder Sonnenstrahlung in der Regel gut geschützt. Nadeln sind zusätzlich mit ausgepölgten Wachsaufgaben bedeckt. Bei extrem hohen Sommertemperaturen über 40°C, starken Frösten oder sehr hoher Strahlungsintensität steigt jedoch das Risiko für eine direkte Schädigung der Blattorgane, insbesondere der Epidermiszellen (Abbildung 5). In den Extrem Sommern mit immer wieder auftretenden Hitzewellen bis über 40°C waren im Zuge der Erfassung von Ozonschadssymptomen Strahlungsschäden an lichtexponierten Laubblättern, vor allem bei Jungpflanzen oder der Waldrandbestockung, häufiger zu beobachten. Vergleichbare Schäden traten in den Altbeständen oder an Nadelbäumen selten auf.



8 Streufall in den Monaten Juni bis August an den Buchen der Waldklimastationen Bad Brückenau, Ebrach, Freising und Mitterfels in den Jahren 2003, 2015 und 2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel 1997-2018s



9 Kumulative Durchmesserentwicklung aus den wöchentlichen Permanentmessbandablesungen für Fichte (n=15) und Buche (n=8) 2019 sowie im langjährigen Mittel sowie Anteil pflanzenverfügbares Wasser an der WKS Riedenburg 2019



10 Die Buchen an der WKS Ebrach reagierten auf die starke Einschränkung der Wasserversorgung im Jahr 2003 mit einem verfrühten Laubfall und einer deutlichen Vitalitätseinschränkung im Folgejahr.

Trockenschäden an Blattorganen

Auf den WKS-Standorten in Franken (Würzburg, Ebrach), im Jura (Riedenburg) und in den Berglagen Ostbayerns (Flossenbürg und Mitterfels) waren in den trockenen Hitzesommern verbraunte Blätter, meist mit nekrotischen Blatträndern, ein verbreitet beobachtetes Schadenssymptom (Abbildung 6). Buchen, Hainbuchen, Ahorn, Linden waren ebenso häufig, Eichen nur selten betroffen. Zum Ende der Vegetationsperiode waren die Kronen von Altbuchen der Waldklimastationen, bevorzugt auf den warm-trockenen Standorten, stärker verlichtet, der Blattfall trat verfrüht ein (Abbildung 7). Die unter- und zwischenständige Laubbaumschicht und -verjüngung in den Rein- und Mischbeständen reagierte flächendeckend auch an frischeren Standorten. Für die unter Konkurrenzdruck der herrschenden Bäume stehenden niederen sozialen Baumklassen war der fortschreitende Wassermangel offensichtlich belastender (Pisek & Tranquillini 1951; Bachmann 1988). An Nadeln von Fichten, Kiefern, Tannen und Douglasien waren bei den jährlichen Nadel-/Blattprobenahmen an den Referenzflächen keine vergleichbaren Schadenssymptome zu erkennen.

Vorzeitiger Laubfall

Frühzeitiger Blattfall ist eine bewährte Strategie der Laubbäume und als vitale Baumreaktion zu werten, solange die Knospen für den Wiederaustrieb bereits angelegt sind und eine ausreichende Blattmasse im nächsten Jahr garantieren. Hält der Stress über mehrere Jahre an, können

sich aus Vitalitätsstörungen nachhaltige Schädigungen entwickeln. In den Trockenjahren 2003, 2015 und 2018 wurde auf den Waldklimastationen Bad Brückennau, Ebrach und Mitterfels jeweils in den Monaten Juni und August zum Teil deutlich mehr Buchenlaub abgeworfen als in Normaljahren (Abbildung 8). Besonders ausgeprägt war dieser Effekt an der WKS Ebrach im Steigerwald zu erkennen. An Standorten mit hoher Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und geringerem Wasserdefizit wie an der WKS Freising im Tertiärhügelland stellten wir in allen drei Trockensommern keinen erhöhten sommerlichen Streufall fest.

Einfluß auf Biomasseneubildung von Blättern und Früchten

Wieviel Blattmasse oder Früchte in einzelnen Jahren gebildet werden, lässt sich an den Waldklimastationen in Laubbeständen unmittelbar aus der Erfassung der Stremenge ablesen. Der Einfluß von Extremjahren auf die gesamte Biomasseneubildung der Baumschicht in einem Bestand ist auch daran zu erkennen. In den Jahren mit starkem Trockenstress (2003 und 2018) waren an den Laubbeständen der Waldklimastationen keine stärkeren Einbußen in der Blattbiomasse zu beobachten. Erst im Folgejahr des Jahrhundertssommers 2003 bildete der Buchenbestand an der WKS Ebrach beispielsweise deutlich weniger Blattbiomasse aus (Abbildung 10). Für die Fotosynthese im »Kraftwerk Blatt« stand 2004 nur noch halb so viel Masse wie im Vorjahr zur Verfügung (minus 1,2 Tonnen je Hektar). Dieser Befund steht in Ein-

klang mit den Beobachtungen der Waldzustandsansprache, die größere Blattverluste erst im Folgejahr diagnostiziert hatte. Die fehlende Reaktion im Extremjahr selbst ist durchaus baumphysiologisch zu begründen, weil der Blatt- und Zweigaustrieb in einem Jahr jeweils stark von den Vorjahresbedingungen bei der Knospenanlage und -ausbildung abhängt.

Dennoch waren die Buchen in Ebrach zeitgleich in der Lage, eine in beiden Jahren annähernd gleiche Menge Früchte (2 t/ha) zu produzieren (Abbildung 10). Sie mussten auch bei starkem Wassermangel nicht auf den »Luxus« der generativen Vermehrung verzichten. Nährstoffe und Ressourcen wurden vielmehr zugunsten von Blüten und Früchten umgelagert. In den zurückliegenden Extremjahren erwiesen sich die Buchen tatsächlich auch an anderen Waldklimastationen bisher als erstaunlich robust in der Reproduktion. Die verminderte fotosynthetisch wirksame Blattmasse beeinträchtigte 2004 wie erwartet auch die Leistungsfähigkeit und das Wachstum der Bäume.

Vermindertes Dickenwachstum bei Wassermangel

Wenn der Wasservorrat an einem Standort in den Bereich des Trockenstress absinkt, stockt die Durchmesserentwicklung. An der WKS Riedenburg (Abbildung 9) reagierten Fichten und Buchen im Trockenjahr 2019 sehr unterschiedlich auf den pflanzenverfügbaren Wasservorrat im Boden. Ab Anfang Juli sank der pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat unter die Grenze von 40% der nutzbaren Feldkapazität (nFK) und nach einer Woche dann sogar unter 30% nFK. Damit ist die Wasserversorgung der Bäume eingeschränkt bis mangelhaft. Ab diesem Zeitpunkt kam die wöchentliche Durchmesserentwicklung vor allem der Fichten ins Stocken und blieb deutlich hinter dem langjährigen Mittel zurück. Am Ende des Jahres war das Dickenwachstum der Fichten auf der Waldklimastation um 22% geringer als in Normaljahren. Die Buchen reagierten dagegen nicht ganz so stark, das Dickenwachstum war am Ende des Jahres nur um knapp 10% zurückgegangen. Jahrringanalysen früherer Extremsummer (Dietrich et al. 2015) und Analysen aus Umfangmessungen in den Jahren 2003 und 2015 (Stiegler et al. 2018) wiesen insbesondere für die Fichten auf den warm-trockeneren WKS-Standorten

ausgeprägte Zuwachseinbußen von bis zu 60 % im Vergleich zu Vorjahren nach. Buchen und Eichen dagegen reagierten nur in geringerem Ausmaß. Darüberhinaus führte der Anstieg der Sommertemperaturen seit Anfang der 1990er Jahre zu Anomalien im Zuwachsgang von Fichten aller WKS-Standorte und bei Buchen auf warm-trockenen Standorten (Dietrich et al. 2018). Diese Beobachtung läßt sich als Indiz für erhöhten Stress nach wiederholter Trockenheit und Witterungsextremen interpretieren.

Erhöhte Mortalität

Bereits im Jahrhundertsommer 2003 und verstärkt in den Trockenjahren ab 2015 wuchsen regional die Populationen von Schadinsekten an, insbesondere Borkenkäfer an Fichten in Nord- und Ostbayern sowie blattfressender Insekten, bevorzugt an Eichen. Erstmals 2015 wurde von absterbenden Kiefern im nördlichen Nürnberger Reichswald berichtet. Die Schäden schritten 2018 und 2019 fort, meist begleitet von Pilz- und Käferbefall. Seit 2018 traten auch in Laubbeständen Frankens umfangreiche Schäden insbesondere an Buchen auf. Verbreitet starben Bäume ab. Bereits im ersten Hitze- und Dürresommer nach der Jahrtausendwende 2003 fielen an drei Fichten-WKS (Goldkronach, Zusmarshausen und Altötting) zahlreiche Bäume auf Grund von Borkenkäferbefall aus (Raspe et al. 2004). Vermehrter Borkenkäferfraß trat auch im Folgejahr der Trockenheit von 2015 auf. In den Jahren 2003 und 2016 waren jeweils knapp 10 % aller Fichten an den WKS-Standorten abgestorben. 2004 war ebenfalls ein geringfügig erhöhter einzelbaumweiser Ausfall in den damals noch erfassten vier Kiefern-WKS festzustellen. Eichen wie Buchen hatten Witterungsextreme und Blattfraß an den fünf (Eichen-) bzw. acht (Buchen-) WKS-Standorten weitgehend unbeschadet überstanden. Erstmals 2019 sind allerdings Buchen in auffälligem Umfang (4 % von 614 Beobachtungsbäumen an acht Waldklimastationen) abgestorben.

Wirkungen an der WKS Ebrach

Betrachten wir am Schluss die verschiedenen Indikatoren für den Trockenstress und die Reaktionen der Bäume am Beispiel der WKS Ebrach im Steigerwald in einem Trockenjahr (2003) und seinem Folgejahr (2004) (Abbildung 10). Die An-

zahl der Tage mit einem Bodenwasservorrat unter 40 % nFK war dort im Jahr 2003 fast fünfmal so hoch wie im langjährigen Mittel von 1961 bis 1990. Dementsprechend war die Transpiration der Buchen um fast 70 l/m² geringer als bei ausreichender Wasserversorgung. Das Folgejahr war dagegen von der Wasserversorgung her gesehen wieder relativ normal. Als unmittelbare Reaktion auf diese physiologische Dürre reagierten die Buchen mit einem teilweisen Abwurf ihres Laubes noch während der Vegetationsperiode, gut zu sehen an dem deutlichen Anstieg des sommerlichen Blattfalls. In dem Trockenjahr fiel etwa 60 % mehr Blattmasse während der Sommermonate als in Normaljahren ab. Die Blattstreumenge erreicht im gesamten Streufalljahr 2003 ziemlich exakt das langjährige Mittel der Vorjahre von 1997 bis 2002. Dies weist auf eine relativ normale Belaubung vor Beginn der Trockenheit hin. Im Folgejahr wurde dagegen nur noch halb so viel Buchenlaub abgeworfen, also deutlich weniger Laubmasse gebildet als üblich. Auch der Indikator des Kronenzustands weist auf eine deutliche Vitalitätseinschränkung der Buchen erst im Folgejahr hin. Im Trockenjahr 2003 bewegte sich der Anteil stärker Kronenverlichtung in ähnlicher Größenordnung wie in den Jahren zuvor (Anteil Schadstufen 2–4: 18–20 %). Im Folgejahr stieg er auf das Dreifache (60 %) an. Der Kronenzustand der Buchen wurde als deutlich geschwächt eingewertet. Auch das Wachstum brach im Jahr nach der Trockenheit ein. Das Dickenwachstum der Bäume war um 36 % geringer als im langjährigen Mittel von 1997 bis 2018. Allem Anschein nach kompensierten die Buchen auf der WKS Ebrach die Trockenheit im Jahr 2003 zunächst relativ gut, indem sie sich ihrer transpirierenden Blattmasse frühzeitig entledigten. Dieses Phänomen konnte zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung noch nicht erfasst werden. Der Kronenzustand verschlechterte sich im Folgejahr deutlich, Blattbiomasseentwicklung und Dickenzuwachs blieben hinter dem langjährigen Mittel zurück.

Autoren

Hans-Peter Dietrich, Dr. Stephan Raspe, Dr. Alexandra Wauer und Dr. Lothar Zimmermann arbeiten alle in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Kontakt: Lothar.Zimmermann@lwf.bayern.de

Zusammenfassung

Seit 2003 treten Dürreereignisse häufiger auf als früher. Deshalb hat sich dieser Begriff wieder fest in unserem Wortschatz und Bewußtsein verankert. In der Forstwirtschaft entscheidet allein die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers, wie gut die Bäume mit Trockenperioden zurecht kommen. Die »Klimatische Wasserbilanz« der forstlichen Vegetationsperiode verdeutlicht, dass 2018 noch extremer war als 2003 mit seinem »Jahrhundertsommer«. Regional zeigt auch die Anzahl der Trockentage sowohl langfristig als auch in allen Extremjahren an den Waldklimastationen die schon vorher warm-trockenen, tiefer gelegenen Gebiete Unter- und Mittelfrankens als Brennpunkt der Klimaerwärmung. In den dortigen Mittelgebirgen waren auch einzelne weitere Jahre extrem trocken. Weiter im Süden schlägt die Trockenheit in einzelnen Extremjahren ebenfalls zu. In den Alpen sowie in den Hochlagen des Bayerischen Waldes war bisher keine Trockenheit zu bemerken. Die Wirkungen der Trockensommer sind im Wald angekommen. Neben den direkten Hitze- und Strahlungsschäden rufen vor allem die unmittelbaren und mittelbaren Folgen des Wassermangels sicht- und messbare Veränderungen und Schädigungen in den Wäldern hervor. Blattschäden und vertrocknete Baumkronen, Vitalitätsstörungen und Zuwachsminderungen bis hin zum Absterben von Bäumen, häufig von Insektenkalamitäten sowie Pilzbefall begleitet, werden an den Messorten des Umweltmonitoring erfasst und dokumentiert. In einzelnen Trockenjahren und ihrem jeweiligen Folgejahr treten die Zusammenhänge an besonders betroffenen Waldklimastationen wie Ebrach in vielen Wirkungsgrößen deutlich in Erscheinung. Das Monitoring verdeutlicht den raschen Wandel der aktuellen Umwelt- und Standortbedingungen und liefert einen Beitrag zur Frage der Baumarteneignung und der Anpassungsfähigkeit der Wälder an den Klimawandel.

Literatur

- Bachmann, M. (1988): Zuwachsreaktionen geschädigter Fichten, erfasst nach der Methode von Schweingruber. Diplomarbeit MWW-DA 63, LMU München, 66 S.
- Dietrich, H.-P.; Nikolova, P.; Beck, W.; Grams, T.; Seifert, T.; Seifert, S. (2015): Abschlussbericht zum Forschungsprojekt M28: Vergleichende ökophysiologische und dendroklimatologische Bewertung der Auswirkungen von Wassermangel und Trockenheit auf verschiedene Baumarten an bayerischen Waldklimastationen; unveröffentlicht
- Dietrich, H.-P.; Raspe, S.; Zimmermann, L.; Wauer, A.; Köhler, D.; Schubert, A.; Stiegler, J.; Blum, U.; Kudernatsch, T.; Klemmt, H.-J. (2018): Umwelt und Standortbedingungen in raschem Wandel. LWF aktuell 2, S. 6–11
- Lyr, H.; Fiedler, H.-J.; Tranquillini, W. (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. 619 S.
- Mette, T.; Falk, W. (2020): Extreme Trockenheit – wie sie auf Vitalität und Anbaurisiko von Waldbäumen wirkt. LWF aktuell 3, S. 30–34
- Pisek, A.; Tranquillini, W. (1991): Transpiration und Wasserhaushalt der Fichte (*Picea excelsa*) bei zunehmender Luft- und Bodentrockenheit. *Physiol. Plant* 4, S. 1–27
- Raspe, S.; Foullois, N.; Neumann, J.; Zimmermann, L. (2020): Wasserversorgung für Wald und Mensch. LWF aktuell 3, S. 9–13
- Raspe, S.; Schulz, C.; Kroll, F. (2004): Wenn schon im Sommer tonnenweise Blätter fallen. Baumentwicklung und Streufall. LWF aktuell 43, S. 11–13
- Stiegler, J.; Wörle, A.; Spiegel, V.; Zimmermann, L.; Wauer, A.; Raspe, S.; Dietrich, H.-P. (2019): Mehr Leid als Freud! Baumarten auf den Waldklimastationen reagieren unterschiedlich auf die Wetterextreme der vergangenen Jahre. LWF aktuell 4, S. 59–64
- Triebenbacher, C.; Lobinger, G. (2019): 2019: Borkenkäferdicke auf sehr hohem Niveau. LWF aktuell 124, S. 42–45
- Wauer, A.; Klemmt, H.-J. (2020): Klimawandel aus Nord(west)en! Ergebnisse der WZE 2019 in Bayern zeigen Nord-Südfälle der Schäden. LWF aktuell 2, S. 26–29
- Weis, W.; Wellpott, A.; Falk, W. (2020): Standortfaktor Wasserhaushalt im Wald. LWF aktuell 3, S. 14–17

Nadelbäume im Trockenstress

Vier Modelle zur Abschätzung der Trockenheitsresistenz im Klimawandel



1 Unsere Bäume sind einem in der Zukunft vorhergesagten erhöhten Trockenstress ausgesetzt. Welche Nadelbaumarten kommen damit besser zurecht? Drohnenaufnahme eines Buchenbestandes mit Fichten, Lärchen und Waldkiefern.

Foto: E. Thurm, LFOA-MV

Eric Andreas Thurm, Susanne Brandl, Hagen Fischer, Karl Heinz Mellert, Tobias Mette, Birgit Reger und Wendelin Weis

Artverbreitung, Wachstum, Überlebenswahrscheinlichkeit, Jahrringsensitivität – in den vergangenen Jahren wurden an der LWF zu all diesen Vitalitätseigenschaften von Baumarten verschiedene Modelle entwickelt, um der forstlichen Praxis eine Hilfestellung zur Einschätzung der Baumarteneignung im Klimawandel zu geben. In dieser Studie vereinen wir diese Modelle in einem multikriteriellen Baumartenbewertungskonzept, um die Trockenheitsresistenz wichtiger Nadelbaumarten in Mitteleuropa abzuschätzen.

Wie kommen Fichte, Waldkiefer, Weißtanne, Europäische Lärche und Douglasie – unsere fünf wichtigsten Nadelbäume in Mitteleuropa – mit einem in der Zukunft vorhergesagten erhöhten Trockenstress zurecht? Die Frage nach der Trockenheitsresistenz dieser Baumarten wurde in einer ganzen Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten angegangen (z. B. Zang et al. 2011; Klein 2015; Dyderski et al. 2018). Diese Studien bewerten die Trockenheitsresistenz in der Regel anhand eines Parameters wie beispielsweise dem Jahrringverlauf, dem Blattwasserpotenzial oder der Verbreitungsgrenze. Eine Bewertung der Trockenheitsresistenz dieser Baumarten anhand mehrerer Vitalitätsin-

dikatoren ist bisher nur in wenigen Studien erfolgt (Dolos et al. 2015; Thurm et al. 2018). Auch in der Abteilung »Boden und Klima« an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) wurde in den vergangenen Jahren eine Reihe von Forschungsprojekten bearbeitet, die sich mit Aspekten der Baumarteneignung im Klimawandel befassen. Basierend auf diesen Forschungsprojekten wurde nun exemplarisch ein multikriterielles Baumartenbewertungskonzept vorgestellt, das die fünf Nadelbaumarten Fichte (*Picea abies*), Waldkiefer (*Pinus sylvestris*), Weißtanne (*Abies alba*), Europäische Lärche (*Larix decidua*) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) anhand

von vier klimasensitiven Kriterien hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz bewertet (Thurm et al. 2019).

Vier Modelle zur Baumartenbewertung

Die Abschätzung der Trockenheitsresistenz der fünf Nadelbaumarten basiert auf vier klimasensitiven Indikatoren zur Vitalität der Bäume:

- Vorkommen
- Wachstum
- Überlebenswahrscheinlichkeit
- Jahrringsensitivität

Diese Vitalitätsindikatoren werden mit Hilfe von (1) Artverbreitungsmodellen, (2) Wachstumsmodellen, (3) Überlebenszeitmodellen und (4) Jahrringmodellen ermittelt und in einer multikriteriellen Baumartenbewertung vereint (Abbildung 2). Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Modellergebnisse findet sich in Thurm et al. (2019). Wir konzentrieren uns hier nur auf das Hauptergebnis – der Einschätzung der Trockenheitsresistenz. Für die Modellierung verwenden die vier Modellierungsansätze die gleichen drei Klimagrößen a) Mittlere Temperatur des kältesten Quartals (Bio 11), b) Mittlere Temperatur des wärmsten Quartals (Bio

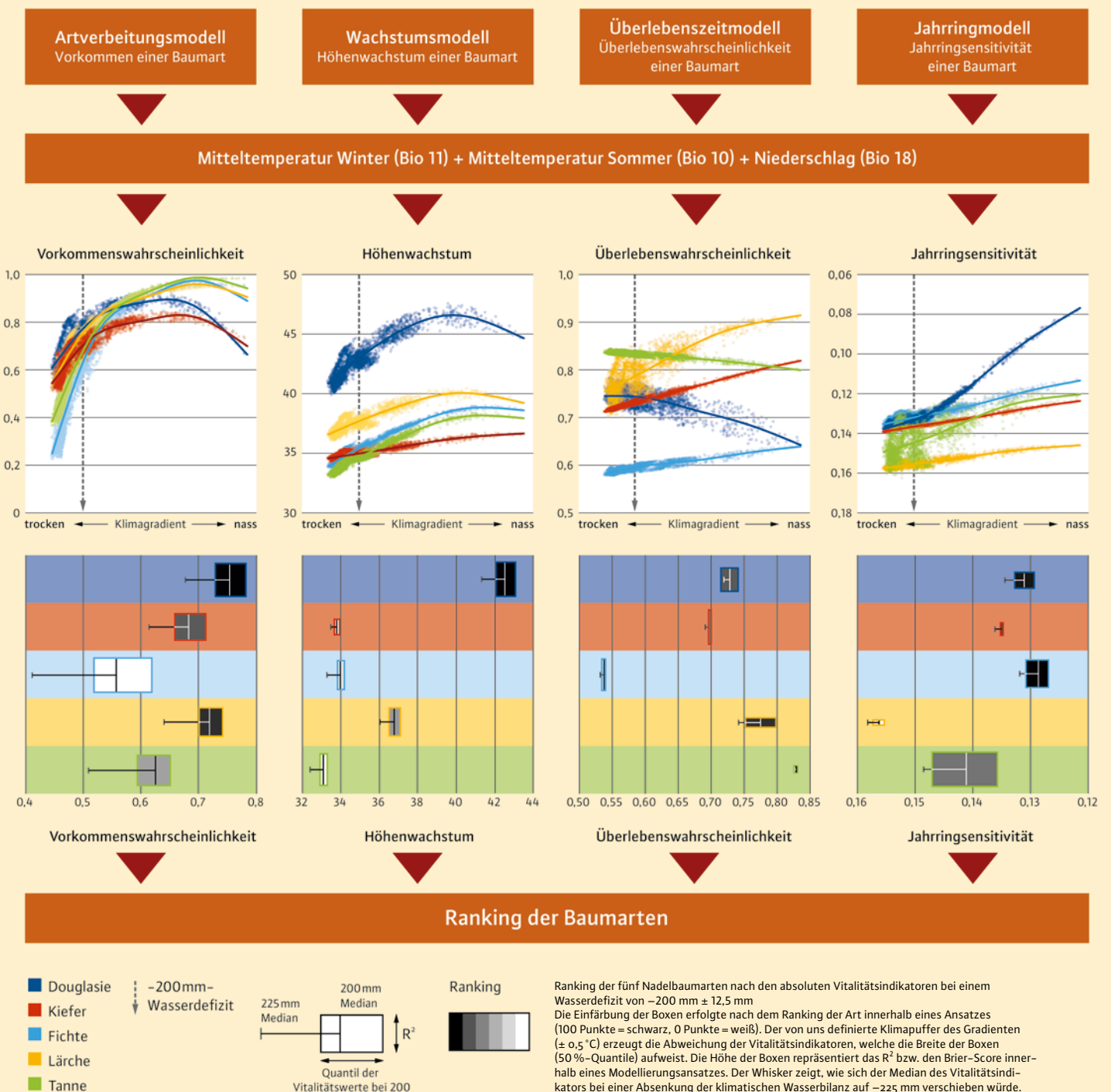
10) und c) Niederschlag des wärmsten Quartals (Bio 18). Die Eingangsgrößen wurden aus den Klimadaten von WorldClim 2.0 (Fick & Hijmans 2017) mit einer Auflösung von ungefähr 1 km x 1 km abgeleitet. Die Klimadaten beziehen sich auf ein langjähriges Mittel im Zeitraum 1970 bis 2000.

Artverbreitungsmodelle

Artverbreitungsmodelle berechnen die Vorkommenswahrscheinlichkeit einer Art unter definierten Standortbedingungen. Eingangsgröße ist die Information, ob eine Art an einem bestimmten Ort vorkommt (Präsenz) oder nicht vorkommt (Absenz). Für die fünf Nadelbaumarten wurde die Vorkommensinformation (Präsenz-/ Absenzdaten) aus nationalen

Inventuren und Forsteinrichtungen in Europa (Mauri et al. 2017) ermittelt und mit den am Standort vorherrschenden drei Klimagrößen verknüpft. Als statistisches Modell wurden generalisierte additive Modelle (GAMs) verwendet. Die Artverbreitungsmodelle sind die Grundlage des Anbauriskos, wie es beispielsweise im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS derzeit verwendet wird (Taeger & Kölling 2016).

2 Konzept zur multikriteriellen Bewertung der Trockenheitsresistenz der fünf Nadelbaumarten



Baumart	Rangsumme	Rang
Douglasie	356	1
Waldkiefer	203	2
Europäische Lärche	202	2
Weißtanne	190	3
Fichte	109	4

3 Rangsummen der Vitalitätsindikatoren und Ränge der fünf Nadelbaumarten hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz

Wachstumsmodelle

Wachstumsmodelle verwenden die Oberhöhenbonität (englisch: SI = Site Index), um die Beziehung zwischen Wachstum und Umweltgrößen zu berechnen (Brandl et al. 2018). Die Eingangsdaten für die fünf Nadelbaumarten stammen aus deutschen, französischen und polnischen Waldinventurdaten (ca. 60.000 Inventurpunkte). Für die Wachstumsmodellierung wurden ebenfalls generalisierte additive Modelle (GAMs) verwendet.

Überlebenszeitmodelle

Die Überlebenswahrscheinlichkeit der Baumarten lässt sich mit Hilfe von Überlebenszeitmodellen beurteilen. Dazu sind sich wiederholende Baumaufnahmen mit Informationen zum Baumalter (Altersklasse), der sozialen Position eines Baumes und die Ausscheideursache notwendig. Die Überlebenszeitmodelle für die fünf Nadelbaumarten basieren auf europaweiten Level I-Daten und Level II-Daten von 2010 bis 2017 (ICP Forest 2018). Ergänzend wurden noch Aufnahmen seit 1994 aus der deutschen Waldzustandserhebung (bereitgestellt vom Thünen-Institut) verwendet. Überlebenszeitmodelle für die fünf Nadelbaumarten beruhen auf sogenannten »Accelerated Failure Time«-Modellen (AFT-Modelle), die zusätzlich das Baumalter bis zum Absterben des Baumes als Zeitvariable verwenden. Die Klimavariablen (Bio10, Bio11, Bio18) wirken verringernd oder erhöhend auf die Überlebenswahrscheinlichkeit (siehe auch Brandl et al. 2020).

Jahrringmodelle

Mit den Jahrringmodellen wird die Jahrringsensitivität über die Jahrringschwankung von Bohrkerndaten beschrieben. Sie verwenden den Gini-Koeffizienten als Maß für die Heterogenität des Jahrringzuwachses. Eine hohe Heterogenität des Jahrringzuwachses verweist auf wiederholte Einbrüche im Zuwachs und ist ein Zeichen für erhöhten Stress der Bäume.

Der Gini-Koeffizient wird aus europäischen Bohrkerndaten der Internationalen Jahrringdatenbank (ITRDB) abgeleitet, die von 1950 bis 2000 einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren abdecken. Für die Douglasie wurden zusätzlich Douglasien-Bohrkerndaten der ITRDB aus dem Bereich der nordamerikanischen Küstenprovenienzen (nach Little Jr 1971) und 16 deutsche Standorte aus einer Studie von Thurm und Pretzsch (2016) verwendet.

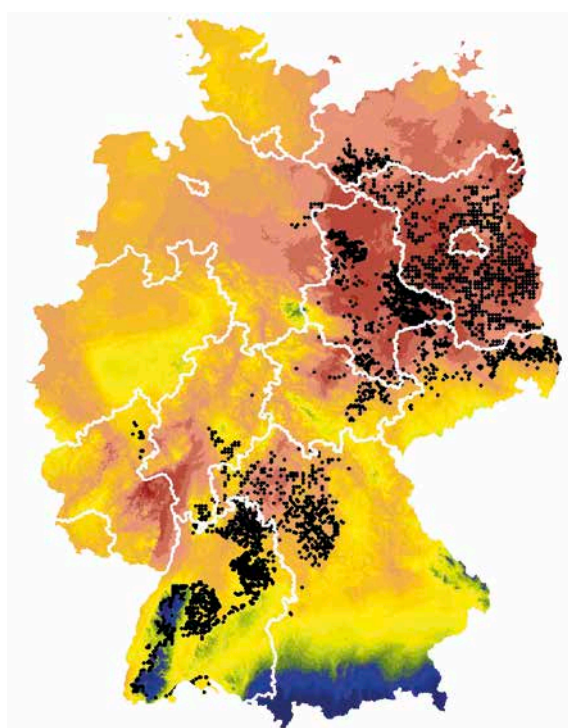
Trockenheitsresistenz – Nadelbaumarten im Vergleich

Für einen Vergleich der Nadelbaumarten hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz betrachten wir die Modellergebnisse am trockenen Rand des Klimagradienten, dem von uns gewählten »Trockenstressgradienten«. Dazu lassen sich die Mitteltemperatur im Sommer (Bio 10) und der Niederschlag im Sommer (Bio 18) als Klimatische Wasserbilanz (KWB) darstellen. Sie berechnet sich als Differenz von Niederschlag und potenzieller Evapotranspiration (Verdunstung) in der Vegetationsperiode Mai bis September. Die Einschätzung der Trockenheitsresistenz der Baumarten erfolgt bei einem Wasserdefizit von $-200 \text{ mm} \pm 12,5 \text{ mm}$ (Abbildung 2).

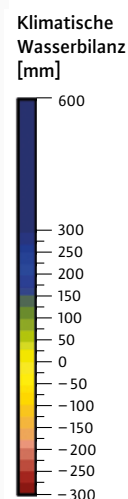
Allgemein zeigt sich, dass alle betrachteten Vitalitätseigenschaften bei zunehmender Trockenheit abnehmen (Abbildung 2). Bei näherem Vergleich der Baumarten schneidet die Douglasie insgesamt bei

trockeneren Bedingungen deutlich besser ab als die anderen Baumarten, insbesondere beim Wachstum. Lediglich bei der Überlebenswahrscheinlichkeit erreicht sie mittlere Werte. Die Fichte hingegen weist bei fast allen Vitalitätseigenschaften sehr niedrige Werte auf, insbesondere für die Überlebenswahrscheinlichkeit. Lediglich bei der Jahrringsensitivität erreicht sie den besten Wert. Die Europäische Lärche und die Waldkiefer zeigen nach der Douglasie eine vergleichsweise hohe Vorkommens- und Überlebenswahrscheinlichkeit; auch das Wachstum stellt sich erstaunlich hoch dar. Lediglich die Jahrringsensitivität der Lärche bewegt sich auf dem schwächsten Level. Die Weißtanne bewegt sich am Trockenrand zumeist ähnlich oder etwas besser als die Fichte. Lediglich bei der Überlebenswahrscheinlichkeit zeigt sie wie die Douglasie einen Anstieg der Vitalität mit höherem Wasserdefizit – eine Unplausibilität, die eventuell an den wenigen Vorkommen der Tanne an ihrem Trockenrand liegt.

Für die Bewertung innerhalb eines Modellierungsansatzes erhält die Art mit dem höchsten Vitalitätswert 100 Punkte, die Art mit dem niedrigsten Vitalitätswert 0 Punkte. Die übrigen Arten werden entsprechend ihres Vitalitätswertes dazwischen eingeordnet. Für die Gesamtbewertung werden die einzelnen Punkte baumartenweise aufsummiert, wodurch sich folgende Reihung der Trockenheits-



4 Die in Abbildung 2 dargestellten Kurven bilden einen existierenden Klimagradienten in Deutschland ab. Dieser läuft entlang der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und besitzt eine vergleichbare Wintertemperatur um die $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$.



resistenz ergibt (Abbildung 3): Douglasie (1) > Waldkiefer, Europäische Lärche (2) > Weißtanne (3) > Fichte (4). Die Douglasie erreicht mit 356 von maximal 400 Punkten mit Abstand die höchste Rangsumme, gefolgt von Waldkiefer (203 Punkte) und Europäischer Lärche (202 Punkte). Die Weißtanne schneidet mit 190 Punkten ab und die Fichte weist im Vergleich die geringste Trockenheitsresistenz mit lediglich 109 Punkten auf.

Fazit

Was ist nun die Quintessenz aus unserem Ranking? Weißtanne eher nicht und möglichst viel Douglasie? Primäres Anliegen dieser Studie war es, die Stärken und Schwächen der einzelnen Modellierungsverfahren an einem ausgewählten Set an Baumarten zu identifizieren. Die *Artverbreitungsmodelle* sind zur Vorhersage in ihrer Methodik recht robust und überzeugen uns durch sehr hohe Modellgüten für alle Baumarten. Sie beschränken sich allerdings in ihrer Aussage darauf, ob die Art vorkommt oder eher nicht. Besonders überzeugt haben uns für die Nadelbaumarten die *Wachstumsmodelle*. Sie erreichten eine vertretbare Modellgenauigkeit und tragen die forstlich höchst relevante Information der Wachstumserwartung. Die *Mortalitätsmodelle* und die *Jahrringmodelle* haben großes Potenzial, sind aber derzeit vor allem für gut mit Daten unterlegten Baumarten aussagekräftig (besonders Fichte und Waldkiefer). Längere Messzeitreihen der Waldzustandserhebung oder mehr Bohr-



5 Durch ihre hohe Wuchskraft des Stammholzvolumens werden Nadelbaumarten auch zukünftig einen wesentlichen Anteil des Holzabsatzes in Deutschland ausmachen. Es ist daher wichtig, ihr Trockenstresspotenzial zu kennen. Douglasie an der Waldklimastation Freising.

Foto: E. Thurm, LFOA-MV

kerndaten werden uns in Zukunft dabei helfen, auch diese Methoden besser einsetzen zu können.

Doch auch wenn sich nicht alle Details mit letzter Sicherheit beantworten lassen, bilden die unterschiedlichen Vitalitätsmaße in der Zusammenschau eine sehr starke Evidenz für die Trockenheitsresistenz der fünf betrachteten Nadelbaumarten. Nicht verwunderlich zeigt die Fichte bei allen Modellen zusammengenommen die höchsten Vitalitätseinbußen am trockeneren Rand. Von den betrachteten Arten kommt die Douglasie gefolgt von Europäischer Lärche und Waldkiefer noch am besten mit höherer Trockenheit klar. Wie weit diese Resistenz im Klimawandel ausreicht, hängt letztlich stark von der Intensität des Klimawandels ab.

Zusammenfassung

Wie unsere fünf wichtigsten Nadelbaumarten – Fichte, Waldkiefer, Weißtanne, Europäische Lärche und Douglasie – künftig mit Trockenstress zurecht kommen, wurde mit vier verschiedenen Modellansätzen untersucht. Basierend auf diesen Modellen wurde ein multikriterielles Konzept zur Baumartenbewertung entwickelt, das die fünf Nadelbaumarten anhand von den klimasensitiven Indikatoren a) Vorkommen, b) Wachstum, c) Überlebenswahrscheinlichkeit und d) Jahrringsensitivität hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz bewertet. Die erstmalige Zusammenstellung einer solchen Vielzahl von Vitalitätsindikatoren bestätigt Literaturangaben, dass die Trockenheitsresistenz der betrachteten Nadelbaumarten in folgender Reihenfolge abnimmt: Douglasie, Waldkiefer und Europäische Lärche, Weißtanne und zum Schluss Fichte. Inwieweit diese Resistenz die zukünftige regionale Anbaufähigkeit der Arten in Bayern prägt, bestimmt in erster Linie die Intensität des Klimawandels.

Autoren

Dr. Eric Thurm bearbeitete als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das Projekt »Nischenmodelle« (B76) und ist inzwischen Leiter des Sachgebietes »Waldbau und Waldwachstum«, BT Forstplanung, Versuchswesen, Informationssysteme bei der Landesforst Mecklenburg-Vorpommern.

Susanne Brandl und Dr. Hagen Fischer sind ehemalige Projektmitarbeiter in der Abteilung »Boden und Klima« der LWF und haben die Projekte »Überlebenszeit-Wald-Klimawandel – SURVIVAL-KW« (C25) bzw. »Modellierung der zukünftigen potentiellen natürlichen Vegetation (z-pnV) in Bayern« (F5) bearbeitet.

Dr. Karl Heinz Mellert, Dr. Tobias Mette, Dr. Birgit Reger und Dr. Wendelin Weis arbeiten in der Abteilung »Boden und Klima« der LWF in den Bereichen Artverbreitungsmodellierung, Analog-Klimata und Wasserhaushalt.

Kontakt: Eric.Thurm@lfoa-mv.de, Karl.Mellert@lwf.bayern.de, Tobias.Mette@lwf.bayern.de, Birgit.Reger@lwf.bayern.de, Wendelin.Weis@lwf.bayern.de

Literatur

- Brandl, S., T.; Falk, W.; Vallet, P.; Rötzer, T.; Pretzsch, H. (2018): Static site indices from different national forest inventories. Harmonization and prediction from site conditions. *Annals of Forest Science* 75 (2), S. 739
- Brandl, S.; Paul, C.; Knoke, T.; Falk, W. (2020): The influence of climate and management on survival probability for Germany's most important tree species. *Forest Ecology and Management* 458, S. 117652
- Dolos, K.; Bauer, A.; Albrecht, S. (2015): Site suitability for tree species. Is there a positive relation between a tree species' occurrence and its growth? *European Journal of Forest Research* 134 (4), S. 609–621
- Dyderski, M. K.; Paź, S.; Frelich, L. E.; Jagodziński, A. M. (2018): How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology* 24 (3), S. 1150–1163
- Fick, S. E.; Hijmans, R. J. (2017): WorldClim 2. New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12), S. 4302–4315
- ICP FORESTS (2018): ICP Forests online database. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Online verfügbar unter www.icp-forest.net, zuletzt geprüft am 06.08.2018
- Klein, T. (2015): Drought-induced tree mortality: from discrete observations to comprehensive research. *Tree Physiology* 35 (3), S. 225–228
- Little Jr, E. L. (1971): Atlas of United States trees. Volume 1. Conifers and important hardwoods. Miscellaneous publication 1146. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, S. 9
- Mauri, A.; Strona, G.; San-Miguel-Ayanz, J. (2017): EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. *Scientific data* 4, S. 160123
- Taege, S.; Kölling, C. (2016): Standortinformationssystem BaSIS. AFZ-DerWald 71 (4), S. 10–13
- Thurm, E. A.; Brandl, S.; Fischer, H.; Mellert, K. H.; Mette, T.; Reger, B.; Weis, W. (2019): Trockenheits- und Hitzeresistenz der wichtigsten mitteleuropäischen Nadelbaumarten. In: Klädtke, J.; Kohnle, U. (Hg.): Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 03.–05. 06. 2019, Zwiesel/Bayern, S. 73–85
- Thurm, E. A.; Pretzsch, H. (2016): Improved productivity and modified tree morphology of mixed versus pure stands of European beech (*Fagus sylvatica*) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) with increasing precipitation and age. *Annals of Forest Science* 73 (4), S. 1047–1061
- Thurm, E. A.; Hernandez, L.; Baltensweiler, A.; Ayan, S.; Raszto-vits, E.; Bielak, K.; Zlatanov, T. M.; Hladnik, D.; Balic, B.; Freuden-schuss, A.; Büchsenmeister, R.; Falk, W. (2018): Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *Forest Ecology and Management* 430, S. 485–497
- Zang, C.; Rothe, A.; Weis, W.; Pretzsch, H. (2011): Zur Baumarten-eignung bei Klimawandel: Ableitung der Trockenstress-Anfälligkeit wichtiger Waldbaumarten aus Jahrringbreiten. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 182 (5/6), S. 98–112

Auenwald im Klimawandel

Forstliche Forschung an Donau und Rhein

Thomas Dichtl und Wolfgang Stöger

Die Forstwirtschaft in den Auen ist mit besonderen Herausforderungen konfrontiert. Das natürlicherweise eingeschränkte Baumartenspektrum hat sich durch eingeführte Pathogene zusätzlich geschmälert. Der Anbau von Pappeln kann damit als wirtschaftliche Alternative wieder an Bedeutung gewinnen, wird aus naturschutzfachlicher Sicht jedoch kritisch beurteilt, sofern es sich um den Anbau von Hybridpappel handelt. Durch den Klimawandel ergeben sich zusätzliche Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Baumarteneignung. In dem Projekt »Auenwald im Klimawandel« sucht daher die LWF nach möglichen Alternativen für den Auenwald der Zukunft.

Eschentriebsterben, Ulmensterben, Phytophthora-Wurzelhalsfäule bei Erlen. Drei Krankheiten, die aktuell und in den letzten Jahrzehnten großen Einfluss auf die Forstwirtschaft hatten und in Zukunft haben werden. Besonders betroffen davon ist der Auenwald, da die gefährdeten Baumarten zu den wenigen gehören, die mit den dortigen Überflutungen gut zu recht kommen. Zugleich gelten Auenwälder als Hotspots der Biodiversität und erfahren daher besonderes Interesse von Seiten des Naturschutzes. Aus naturschutzfachlicher Sicht wird dabei der Anbau gleichförmiger Bestände aus Hybridpappeln kritisch gesehen. Deshalb stellen sich für die Auenwaldbewirtschaftung folgende Fragen:

- Wie kann die Baumartenwahl im Auenwald angepasst werden, um eine standortgerechte, ökologisch sinnvolle Waldwirtschaft zu ermöglichen?
- Mit welchen Baumarten ist die Bewirtschaftung auch ökonomisch interessant und ermöglicht stabile Wälder in einem sich im Wandel befindlichen Klima?

Ähnlich dem Bergwald erfüllen auch Auenwälder wichtige zusätzliche Waldfunktionen wie Wasserretention, Abmilderung von Hochwasserereignissen, verstärkte Kohlenstoff-Senkenfunktion oder Nährstoffrückhalt. Diese Funktionen werden im Zuge des Klimawandels noch an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig sind auch die ohnehin oft bereits stark gestörten Auenökosysteme besonders von den Auswirkungen des Wandels betroffen.

Enge Zusammenarbeit von Forschung und Forstbetrieben

Um Lösungen für diese Problematik zu erarbeiten, wurde das Forschungsprojekt »Auenwälder im Klimawandel« initiiert. Die Abteilung »Waldbau und Bergwald« der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) ist dabei als Projektpartner beteiligt. Koordiniert durch das Aueninstitut des Karlsruher Instituts für Technologie, beteiligen sich vier Forstbetriebe in Bayern und Baden-Württemberg daran. Dies sind neben dem Forstbetrieb Kaisheim der Bayerischen Staatsforsten und dem Zweckverband Wasserversorgung Fränkischer Wirtschaftsraum mit Flächen in den Auenwäldern entlang der Donau auch die Kommunalwälder der Städte Bühl und Rastatt mit Flächen entlang des Rheins. Die Universität Freiburg (Professur für Standorts- und Vegetationskunde und die Professur für Waldbau) sowie das Senckenberg Museum für Naturkunde in Görlitz (Abteilung

Bodenzoologie) sind ebenfalls an dem gemeinsamen Projekt beteiligt. Die Projektpartner beschäftigen sich dabei unter anderem mit ökologischen und forstökonomischen Analysen und Erhebungen sowie mit der CO₂-Bindung und den Klimaschutzfunktionen des Auenwaldes.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, ein Leitbild für klimastabile, ökologisch wie ökonomisch wertvolle Auenwälder zu entwickeln. Um diesem Ziel näher zu kommen, werden zwei verschiedene methodische Ansätze verfolgt. Zum einen wurden Versuchsanbauten angelegt und beobachtet. Zum anderen werden »Best-Practice-Beispiele« von Konzepten und Erfahrungen aus der forstbetrieblichen Praxis gesammelt und ausgewertet.

20.000 Waldbäume gepflanzt

Für die Versuchsanbauten wurden im Frühjahr 2019 sechs Auenwaldbaumarten unter annähernd vergleichbaren Bedingungen in den vier Forstbetrieben gepflanzt. Die gesamte Pflanzfläche über alle Versuchsfelder betrug dabei gut sechs Hektar (61.056 m²). Insgesamt wurden so nahezu 20.000 Pflanzen ausgebracht. Bei den Anbauten wurden überwiegend heimische Baumarten verwendet, die bisher kaum Beachtung in Auenwäldern fanden. Die Auswahl der Baumarten wurde von den Förstern der Forstbetriebe zusammen mit den Projektpartnern anhand eines Rankings potenziell interessanter Auenwaldbaumarten getroffen.

In diesem Abstimmungsprozess entschied man sich für die heimischen Baumarten Feldahorn (*Acer campestre*), Wildbirne (*Pyrus pyraeaster*), autochthone Schwarzpappel (*Populus nigra*) und Stieleiche (*Quercus robur*). Die Stieleiche wird bereits im Auenwald gepflanzt und kann so als etablierte Referenzbaumart dienen. Als Gastbaumarten sind der Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) und die Ahornblättrige Platane (*Platanus acerifolia*) Teil der Versuchsanbauten (Abbildung 1).

Jeder der vier beteiligten Forstbetriebe wählte sowohl einen Ausgangsbestand in einem Hybridpappel- als auch einem Edellaubholzbestand (soweit möglich mit führender Esche) aus. Diese Bestandestypen entsprechen den beiden Problemstellungen eines sich durch das Eschentriebsterben auflösenden Eschenbestandes sowie eines naturfernen Hybridpappelbestandes. Da jede der Versuchsfelder sowohl über eine Schirm- als auch eine Freifläche



1 Freiflächen-Parzelle mit Ahornblättrigen Platanen in Tubex-Wuchshüllen in der ersten Vegetationsperiode. Foto: T. Dichtl, LWF

verfügen soll, wurden die Bestände von den Betrieben entsprechend vorbereitet (kleiner Kahlhieb bzw. starke Durchforstung). So entstanden insgesamt acht Versuchsbestände, deren Pflanzflächen je halb unter Schirm und halb auf der Freifläche liegen.

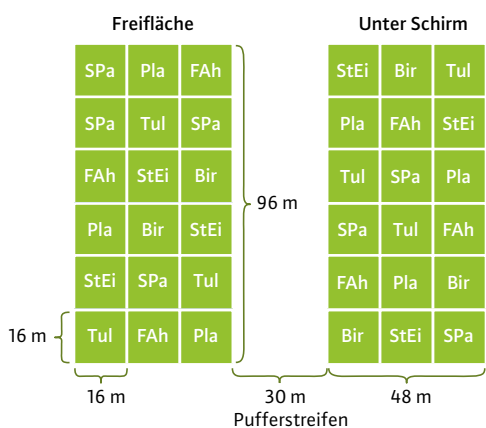
Auf diesen wurden für jede Baumart quadratische Parzellen mit einer Seitenlänge von 16 m schachbrettartig so angeordnet, dass sich jede der sechs Baumarten in zufälliger Verteilung, sowohl auf der Frei- wie auf der Schirmfläche, dreimal wiederholt (Abbildung 2). Dieses Vorgehen soll gewährleisten, dass es keine systematischen Fehler durch die wiederholte Kombination von Baumarten benachbarter Parzellen gibt. Die Wiederholung der Baumarten dient dabei der Homogenisierung von Standort- und Randeffekten. Von dem in Abbildung 2 gezeigten Grundschema musste teilweise wegen naturräumlicher Gegebenheiten leicht abgewichen werden.

Während der dreijährigen Projektlaufzeit wird ein Monitoring dieser Flächen durchgeführt. Dabei werden das Anwuchsverhalten und die Vitalitätsentwicklung in den ersten Wuchsperioden erhoben. Über die Projektlaufzeit hinaus dienen diese Versuchsanbauten sowohl als Forschungsobjekt für spätere Untersuchungen als auch als Anschauungsbeispiele für interessierte Auenwaldbewirtschaftler. Hierzu werden die Flächen in die Versuchsflächendatenbank der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft aufgenommen, um ein langfristiges Monitoring zu ermöglichen.

Wissen aus der Praxis sammeln – Die »Best-Practice-Beispiele«

Die Auenwaldbewirtschaftung ist anders als »normale« Forstwirtschaft. Auf den teilweise ausgesprochen produktiven Auenstandorten kann neben den Bäumen auch die Konkurrenzvegetation ihr volles Potenzial zeigen. Dies macht forstliche Kulturen besonders aufwendig in der Pflege und daher kostenintensiv. Auch die Überschwemmungen erschweren die Bewirtschaftung. Sind Flächen überstaut, sterben Baumarten, die daran nicht angepasst sind, durch den mangelnden Gasaustausch ab oder werden stark geschädigt. Vor allem junge Pflanzen sind hiervon betroffen. Besonders deutlich zeigt sich dies in Bereichen, die von Wasser länger überstaut sind wie zum Beispiel Senken. Überdies können Kulturen durch Treibholz niedergedrückt werden, was auch die Verwendung von Zäunen, Hüllen oder Markierstäben erschwert oder sogar ausschließt. Zusammen mit der eingeschränkten Baumartenpalette bietet sich dem Bewirtschaftler eines Auenwaldes daher eine deutlich andere Ausgangslage als dies im Landwald der Fall ist.

Darum sind neben den umfangreichen Versuchsanbauten auch die Erfahrungen der Auenwaldförster vor Ort ein wichtiger Teil des Projekts »Auenwald im Klimawandel«. Die Förster waren bei der Auenwaldbewirtschaftung gezwungenermaßen immer kreativ und entwickelten Lösungsansätze, die sich in der Praxis bewähren konnten, aber teilweise keinen Niederschlag in forstliche Literatur fanden. Hinzu kommt, dass die Forstreviere mit Auenwald nur einen geringen Anteil aller Reviere ausmachen, aber weit zerstreut sind. Ein Austausch von Wissen und Erfahrungen findet daher nicht in dem Umfang statt, wie es in der Forstwirtschaft im Landwald der Fall ist. Darum werden im Zuge des Projekts Wissen und erfolgreiche Konzepte zur Auenwaldbewirtschaftung, sogenannte »Best-Practice-Beispiele«, zu welchen bisher wenig umfassende Veröffentlichungen vorliegen, dokumentiert und bewertet (vgl. Abbildung 3). Dieses Praxiswissen fließt zusammen mit den Beobachtungen der Versuchsflächen in einen Leitfaden zur Auenwaldbewirtschaftung ein. Durch den Leitfaden soll ein Wissens- und Methodentransfer in die waldbauliche Praxis für Forstbetriebe und Waldbesitzer sichergestellt werden.



2 Anordnung und Verteilung der Parzellen am Beispiel einer Versuchsfläche aus Baden-Württemberg. Links die Parzellen auf der geräumten Freifläche und rechts die Schirmfläche. Beide Flächen sind durch einen Pufferstreifen getrennt. Jede der sechs Baumarten wurde in je drei Parzellen auf der Frei- sowie auf der Schirmfläche gepflanzt.



3 Einzelne überlebende Feldulmen im Forstbetrieb Kaisheim zeigen, welche Dimension und Qualität diese Baumart erreichen kann, und geben Hoffnung auf eine möglicherweise resistente Linie. Die Bäume werden regelmäßig zur Anzucht von Jungpflanzen beerntet, welche im Forstbetrieb wieder ausgebracht werden. Eines der Beispiele, die bei der Best-Practice-Recherche gesammelt wurden. Foto: T. Dichtl, LWF

Zusammenfassung

Als Partner im Projekt »Auenwald im Klimawandel« sucht die Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zusammen mit dem Karlsruher Institut für Technologie, der Universität Freiburg, dem Senckenberg Museum und engagierten Förstern nach alternativen Forstwirtschaftskonzepten für den Auenwald der Zukunft. Das Ziel sind Wälder, die ökologischen wie ökonomischen Belangen gerecht werden und Stabilität in einem sich wandelnden Klima versprechen. Durch Versuchsanzüchtungen soll die Eignung seltener heimischer Baumarten sowie von ausgewählten Gastbaumarten in den Auenwäldern von Rhein und Donau untersucht werden. Daneben wird durch Recherchen das vorhandene Know-How der Förster in der Bewirtschaftung von Auenwäldern eingeholt. Dieses soll mit den Erkenntnissen aus den Versuchsanbauten in einen Leitfaden zur Auenwaldbewirtschaftung einfließen.

Autoren

Thomas Dichtl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Waldbau und Bergwald« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) und Projektbearbeiter im Projekt »Auenwald im Klimawandel«. Wolfgang Stöger ist stellvertretender Abteilungsleiter der Abteilung »Waldbau und Bergwald« und Leiter dieses Projekts. Kontakt: Thomas.Dichtl@lwf.bayern.de

Projekt

Das Verbundvorhaben »Formulierung von auf Praxistauglichkeit geprüften Empfehlungen für eine nachhaltige Auenwaldbewirtschaftung – mit besonderer Berücksichtigung der Pappelforste – zur Optimierung der Waldfunktionen Biodiversität, Einkommen und Klimaschutz vor dem Hintergrund des Klimawandels und Eschenriebsterbens« hat eine Laufzeit vom 1.2.2018 bis 31.12.2020 und wird gefördert durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) über den Waldklimafonds.

Links

www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=22WC411004

Extreme Trockenheit – wie sie auf Vitalität und Anbaurisiko von Waldbäumen wirkt

Was passiert, wenn Witterungsextreme den Toleranzbereich von Waldbäumen überschreiten?

Tobias Mette und Wolfgang Falk

Jede Baumart hat ihren eigenen klimatischen »Wohlfühlbereich«. Diese sogenannte Klima-Nische wird in der Regel über 20- bis 30-jährige Mittel von Temperatur- und Niederschlagswerten definiert. Sowohl die allseits bekannten Klimahüllen als auch die Artverbreitungsmodelle des Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS verwenden ein solches mittleres Klima. Innerhalb dieser Klima-Nische toleriert eine Art auch gelegentlich auftretende Witterungsextreme wie Spätfröste, Hitze- und Trockenperioden. Im Klimawandel ändern sich sowohl die Mittelwerte – das Klima – als auch die Witterungsextreme. Dabei können Extremjahre wie 2018 oder 2019 den Toleranzbereich einer Art so überschreiten, dass es zu einem regional gehäuften Absterben kommt und die Anzeichen einer Arealverschiebung schlagartig deutlich werden.

Neben 1961–1990 ist der Zeitraum 1971–2000 eine wichtige Referenzperiode in der Klimawandel-Diskussion. Auch das Anbaurisiko »2000« im Bayerischen Standortinformationssystem – mittlerweile für 32 Baumarten – bezieht sich auf die Periode 1971–2000. Heute allerdings schreiben wir das Jahr 2020, und im Vergleich zu 1971–2000 ist in der letzten Dekade (2011–2019) die Sommertemperatur bayernweit bereits um 1,6°C gestiegen, während die Sommerniederschläge um circa 10% abgenommen haben. Die Gefahr von Trockenstress teils auch in Verbindung mit Hitze hat in den Wäldern Bayerns deutlich zugenommen.

»Hotspots« in Bayern

Die trockensten Gebiete Bayerns befinden sich in Mittel- und Unterfranken. Hier liegt nicht nur die Sommertemperatur mit 18,3°C um 0,5°C höher, sondern vor allem liegen die sommerlichen Niederschläge mit 195 mm um 30% niedriger als im Bayernmittel (DWD-Rasterdaten 2011–2019). In den Trockensommern 2015, 2018 und 2019 fielen in Mittel- und Unterfranken von Juni bis August durchschnittlich nur 135 mm Niederschlag mit einem Negativrekord von 110 mm in 2018. Die Folgen sind deutlich spürbar: Während die Fichte als Risikobaumart bekannt ist, bereiteten die Ausfälle von

Kiefer und sogar Buche vermehrt Grund zur Sorge. LWF aktuell hat hierzu regelmäßig berichtet, zuletzt mit der Ausgabe »Wald unter Druck« (LWF 2020).

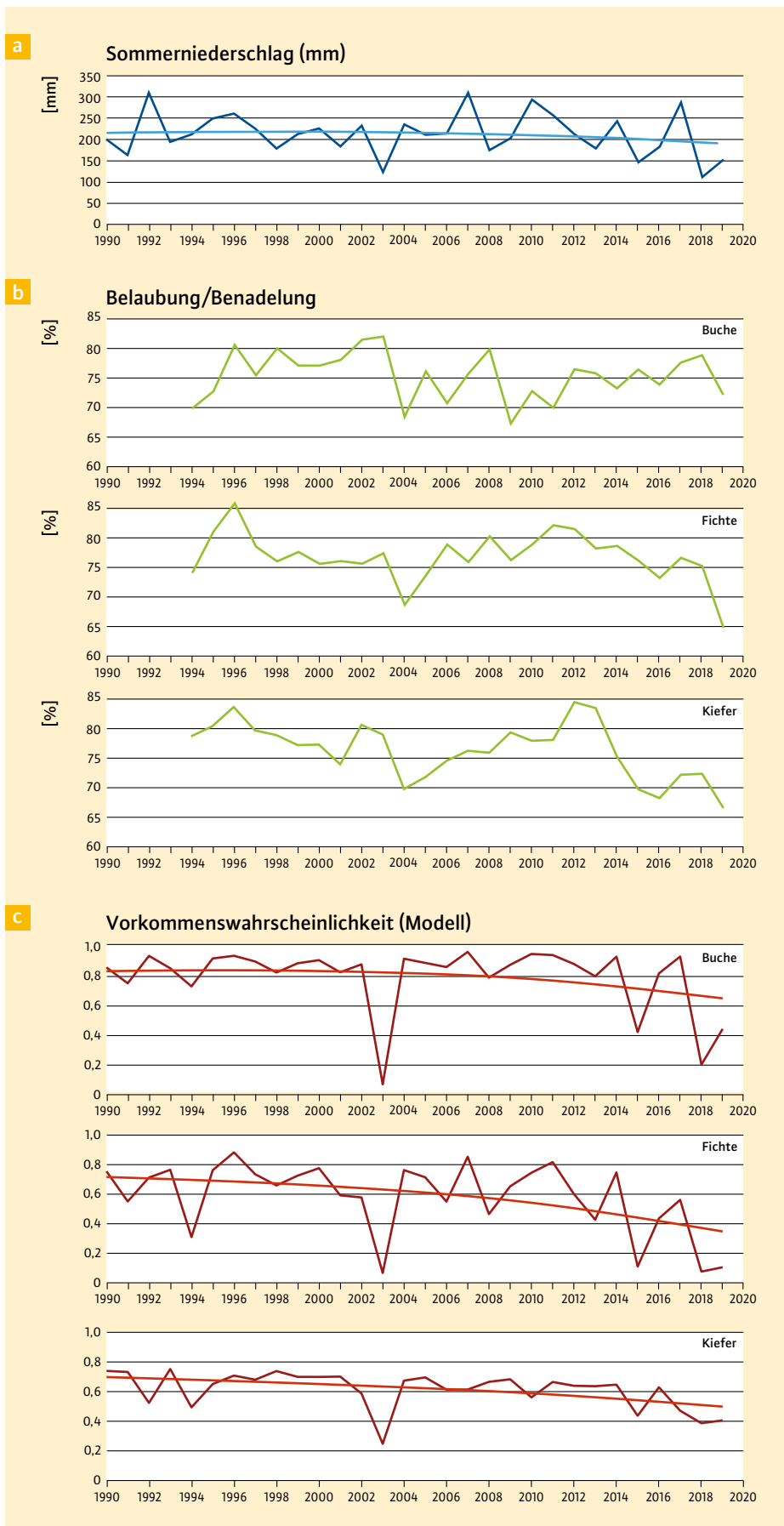
Die Reaktion der Bäume und Wälder auf Trockenheit und Hitze wird sehr intensiv erforscht (Schuldt et al. 2020). Zahlreiche Experimente und Feldstudien schärfen das Verständnis für die Physiologie des Baums unter Trockenstress und beleuchten das komplexe Zusammenspiel mit der Bestandeskonkurrenz, mit Boden und Mykorrhiza, und die Rolle von Schadorganismen. Auch die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) beteiligt sich an dieser Forschung, unter anderem zu den Ursachen der Kieferschäden, zu verbesserten Monitoringmöglichkeiten über Drohnen-, Luft- und Satellitenbilder, oder zu statistischen Auswertungen dürrebedingter Mortalität in Europa (Klemmt et al. 2018; Ackermann et al. 2018; Brandl & Falk 2019).

Waldzustandserhebung und Artverbreitungsmodelle

In diesem Beitrag stellen wir vor, wie zwei wichtige Instrumente, die – neben anderen – an der LWF in der Abteilung »Boden und Klima« verankert sind, uns Rückschlüsse über die Auswirkung von extremer Trockenheit auf die Wälder in Bayern erlauben. Es handelt sich zum einen um die seit 1983 jährlich durchgeführte *Waldzustandserhebung* (WZE). Mit der Erfassung des Nadel-/Blattverlusts liefert sie einen wichtigen Indikator für die Vitalität der Wälder. Zum anderen handelt es sich um *Artverbreitungsmodelle*. Sie stellen einen statistischen Zusammenhang zwischen Klima und Artvorkommen her und sind eine wichtige

1 Seit 1983 inspizieren jährlich Försterinnen und Förster im Rahmen der Waldzustandserhebung viele tausend Baumkronen. Foto: T. Hase





2 Sommerniederschlag, mittlere Benadelung und Belaubung (Waldzustandserhebung ab 1994, WZE) sowie Vorkommenswahrscheinlichkeit aus Artverbreitungsmodellen an 62 ausgewählten Inventurpunkten in Mittel- und Unterfranken (Wuchsgebiete 1 bis 5).

Grundlage des Anbaurisikos im Bayerischen Standortinformationssystem BaSIS. Allerdings betrachten wir hier ausschließlich die klimatische Komponente und verwenden einen neuen Datensatz europäischer Waldinventuren (Mauri et al. 2017). Im Fokus der Auswertung stehen 62 permanente Inventurpunkte der Waldzustandserhebung in Mittel- und Unterfranken, die trotz einer Rasterverschiebung im Jahr 2006 eine konsistente Datenreihe von 1994 bis 2019 ergeben. Insgesamt fließen 7.358 Buchen-, 7.682 Fichten- und 17.929 Kieferndatensätze in die Auswertung ein.

Trockenheit und Kronenverlichtung

In Abbildung 2 a ist der sommerliche Niederschlag (Juni–August) von 1985 bis 2019 an den Inventurpunkten in Mittel- und Unterfranken dargestellt. Er schwankt um 200 mm mit deutlichen Minima von 150 mm und weniger in den Jahren 2003, 2015, 2018 und 2019. Darunter sind die jährlichen Belaubungs- bzw. Benadelungsprozente aus der Waldzustandserhebung zu sehen (Abbildung 2 b). Sie zeigen einen markanten Nadel-/ Blattverlust der Baumarten Buche, Fichte und Kiefer nach den Trockensommern 2003, 2015 und 2018. Der Verlust erfolgt im Jahr nach dem Trockensommer und beträgt durchschnittlich 5 bis 10 %. Grund für die Verzögerung der Reaktion um ein Jahr ist, dass Blattzahl und Trieblänge maßgeblich von der Entwicklung der Blattknospen im Vorjahr bestimmt werden (Roloff 2001). Was die WZE-Aufnahme nicht registriert – da sie bereits im Juli abgeschlossen ist – ist, wie die Bäume auch noch im selben Jahr auf einen Trockensommer reagieren: entweder mit vorzeitigem Blattwurf bei anhaltender Trockenheit oder mit verspätetem Blattwurf bei einem warm-feuchten Herbst (Raspe et al. 2004).

Aus Abbildung 2 geht auch hervor, dass die Sommerniederschläge allein zu kurz greifen, um regional gemittelte Blatt- oder Nadelverluste zu erklären. Zum Beispiel hat keine der drei Baumarten auf den trockenen Sommer 1998 reagiert, auf 2008 reagierten nur Buche und Fichte, auf 2013 nur Buche und Kiefer. Zum einen wirken sich neben Trockenheit und ggf. Hitze auch Faktoren wie Insektenfraß, Fruktifikation oder eine sturmbedingte Erhöhung der Borkenkäferpopulation auf die Laub- bzw. Nadelmasse der Bäume aus. Zum anderen ist die Betrachtung

lediglich des Niederschlags zur Beschreibung von Trockenperioden eine sehr starke Vereinfachung des komplexen Wasserhaushalts, der mit entsprechenden Modellen und Bodendaten wesentlich genauer betrachtet werden sollte (Weis et al. S. 14 in diesem Heft).

Vorsicht ist geboten, von den mittleren Nadel-/ Blattverlusten auf eine regionale Vitalität der Baumart zu schließen. In der WZE werden im Probekollektiv der sogenannten Kreuztrakte tot umgefallene und entfernte Bäume durch die nächstliegenden in der Regel vitaleren Bäume ersetzt. Dadurch erfolgt eine konstante Korrektur zum Gesunden hin. Dieser Effekt wurde von Kölling und Schmidt (2013) als »Lüge der Überlebenden« beschrieben. Zurzeit sieht es allerdings aus, als könnte dieser Effekt die zunehmende Kronenverlichtung von Fichte und Kiefer nicht kompensieren (siehe Abbildung 2). Auch ein Baumartenwechsel auf trockenheitsgefährdeten Standorten, bei dem vor allem risikoträchtige Arten – zu meist Fichte oder Kiefer – ersetzt werden, bewirkt langfristig eine rein statistische »Gesundung« des Probekollektivs. Zwischen der zweiten und dritten Bundeswaldinventur (2002 und 2012) nahm in Mittel- und Unterfranken der Anteil von Fichte, Kiefer und Lärche zusammen um 4,2% auf 55% ab, während der Anteil von Buche und Eiche um insgesamt 1,8% auf 31% zunahm. Für die vierte Bundeswaldinventur 2021/2022 ist sicherlich mit noch größeren Änderungen zu rechnen.

Neben der Kronenverlichtung wird im Rahmen der WZE auch das eher seltene Ereignis eines Absterbens aufgenommen. Die zum Teil dürrebedingte Erhöhung der Mortalität im Jahr 2019 ist sowohl im bayerischen (StMELF 2019) als auch im bundesweiten (BMEL 2020) Datensatz der Waldzustandserhebung zu finden und untermauert den Vitalitätsverlust durch Extrema.

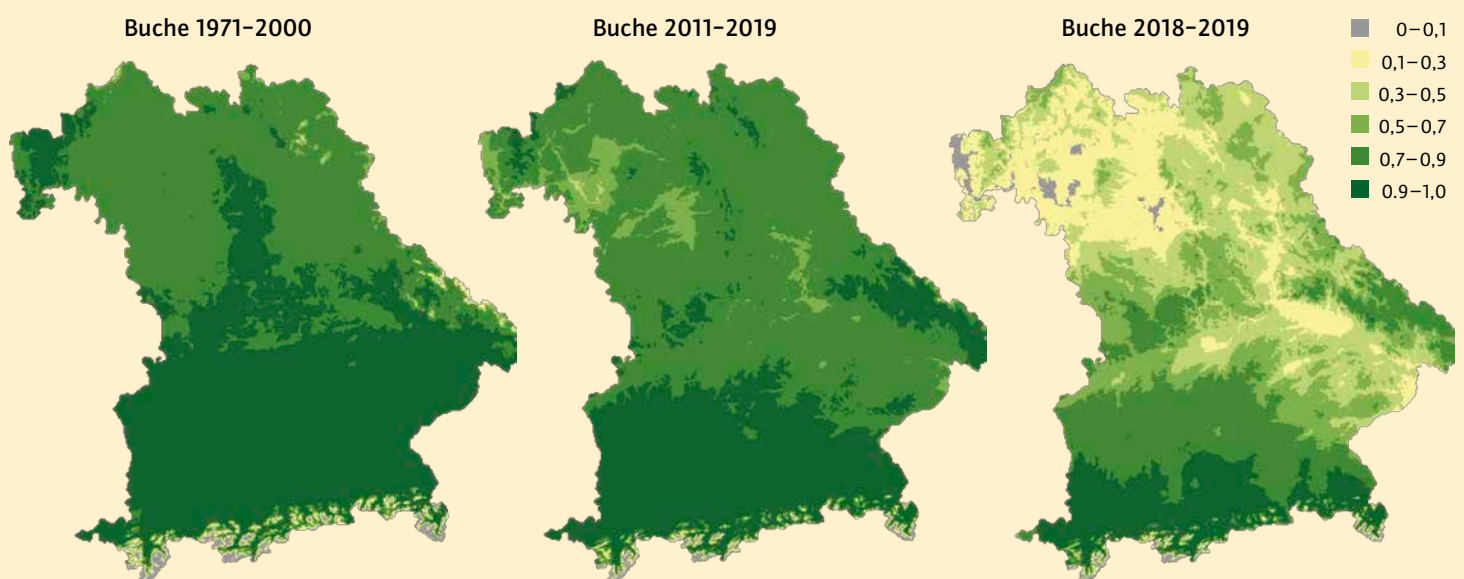
Extreme Trockenheit und Anbaurisiko

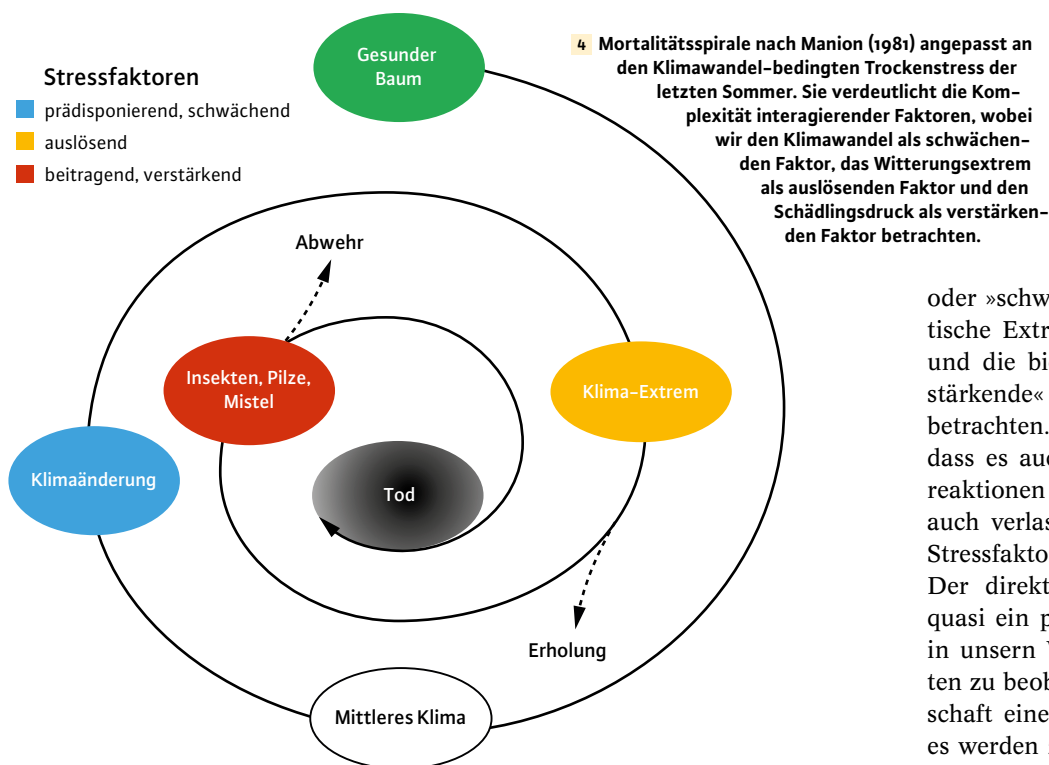
Abbildung 2c zeigt die Vorkommenswahrscheinlichkeit aus Artverbreitungsmodellen der Baumarten Buche, Fichte und Kiefer, wenn sie auf die Klimadaten der Einzeljahre angewendet werden. Die hier verwendeten Artverbreitungsmodelle erfassen neben Sommerniederschlag auch Sommer- und Wintertemperatur, um die Vorkommenswahrscheinlichkeit einer Art als Funktion des Klimas zu beschreiben [techn. Anm.: während für Sommer- und Wintertemperatur die Werte der Einzeljahre verwendet wurden, flossen für die Wintertemperatur geglättete Werte ein. Damit sind die jährlichen Schwankungen primär auf Sommerhitze und -trockenheit zurückzuführen]. Die Wahrscheinlichkeit skaliert zwischen 0 (kommt gar nicht vor) und 1 (kommt zu 100% vor) und gilt als Indikator für das Anbaurisiko. Da die hier gezeigten Modelle auf anderen Daten beruhen als im Bayerischen Standortinformationssystem, bewerten wir konservativ erst Werte, die unter 0,3 fallen, als kritisch.

Arealverschiebungen: die Folgen häufiger Extremjahre

Wie Abbildung 2 zeigt, reagieren die Modelle in den heiß-trockenen Sommern 2003, 2015 und 2018/19 sehr empfindlich. Die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Fichte fällt hier regelmäßig auf 0, und zieht selbst die langjährig gemittelte Kurve auf einen Wert von 0,3. Auch Buche reagiert stark auf die Trockenjahre, bleibt aber auch im langjährigen Mittel über 0,6. Kiefer reagiert ausgeglichener, was daran liegt, dass das Modell auch durch die Vorkommen in trocken-warmen Gebieten geprägt ist. Trotzdem fällt das Niveau der gemittelten Kurve auf 0,5, und zeigt, dass es sich prinzipiell um eine boreal-kontinentale Baumart handelt. Streng genommen ist eine Anwendung von Artverbreitungsmodellen, die an langfristigen Klima-Mitteln skaliert wurden, auf Einzeljahre nicht korrekt. Eine jährliche schwankende Vorkommenswahrscheinlichkeit für langlebige Organismen wie Bäume bleibt ein rein theoretischer Wert. Trotzdem eignet sie sich als *Indikator* für den klimatischen Stress von Baumarten in Trockenjahren, da das Modell einen Bezug zwischen einem Klimaindex und der Verbreitung der Baumart herstellt. Mit einzelnen Extremjahren kann ein Baum in der Regel gut umge-

3 Vorkommenswahrscheinlichkeit der Buche für drei Perioden: 1971–2000, 2011–2019 und 2018–2019. Kritische Bereiche sind grau und gelb hinterlegt, die übrigen Werte in Grüntönen. Je dunkler das Grün, desto höher die Vorkommenswahrscheinlichkeit und damit die Eignung des Klimas des Referenzzeitraums.





hen. Aber wenn solche Extremjahre zur Normalität werden, dann ist die Art auf Dauer nicht überlebensfähig. Dann ist das Vorkommen rückläufig und zeigt eine Arealverschiebung der Art an. 2018/2019 haben deutlich gemacht, dass diese Arealverschiebung nicht allmählich vonstattengeht, sondern sich schlagartig in Extremjahren realisiert.

Dass die Dürren 2018 und 2019 in Teilen Bayerns den Wohlfühlbereich einiger Baumarten verlassen haben, verdeutlicht Abbildung 3 mit einer Gegenüberstellung des Anbaorisikos für Buche in den Perioden 1971–2000, 2011–2019 und für die Ausnahmejahre 2018/2019. Schon beim Vergleich von 1971–2000 mit 2011–2019 zeichnen sich die Tallagen von Regnitz, mittlerem Main und Regen durch eine geringere Vorkommenswahrscheinlichkeit der Buche aus. Damit tragen die Modelle der deutlichen Klimaverschiebung in den letzten 40 Jahren Rechnung. Würden allerdings Sommer wie 2018/19 langfristig zu den mittleren Sommern zählen, könnte es für den Anbau der Buche in Mittel- und Unterfranken sowie im Oberpfälzer Becken und im Donautal kritisch werden. Lange wurden Klimaänderungen solchen Ausmaßes als äußerst unwahrscheinlich angesehen. Mittlerweile zieht man aber auch solche harten Annahmen, dass Sommer wie 2018/19 in einigen Dekaden zur Normalität gehören könnten, in Erwägung.

Extreme Trockenheit und Mortalität

Wie bereits betont, reagieren unsere Wälder auf den Klimawandel nicht allmählich, sondern vielmehr plötzlich und ruckartig. Eine Schlüsselfrage ist daher, wann die klimatische Toleranz eines Baums bzw. einer Art überschritten wird. Denn mit dem Zusammenbruch eines Bestands gehen seine ökologischen und gesellschaftlichen Funktionen, zum Beispiel für den Wasserhaushalt oder als Holzlieferant, verloren. Diese Frage nach der Absterbewahrscheinlichkeit (Mortalität) ist äußerst komplex und schwierig aus Daten zu ermitteln (vgl. Thurm et al., S. 24 in diesem Heft).

Sehr gut geeignet, um die Komplexität der Mortalität zu verstehen, ist die »Mortalitätsspirale« nach Manion (1981). Sie macht klar, dass es selten nur ein einzelner Faktor, sondern ein Faktorenkomplex ist, der zum Absterben eines Baums führt. In Abbildung 4 haben wir Manions Spirale auf den Baum im Klimawandel übertragen: Wir gehen zunächst davon aus, dass der gesunde Baum unter optimalen Klimabedingungen wächst. Der Klimawandel bringt Veränderung in Form von immer häufiger auftretenden Extremen, die an einem Punkt den Baum so kritisch schwächen, dass er dem (nicht selten auch witterungsbedingt erhöhten) Schädlingsdruck nicht Stand halten kann. In der Spirale kann man die Klimaänderung als »prädisponierenden«

oder »schwächenden« Faktor, das klimatische Extrem als »auslösenden« Faktor und die biotischen Schädlinge als »verstärkende« oder »beitragende« Faktoren betrachten. Weiterhin zeigt Abbildung 4, dass es auch Erholungen oder Abwehrreaktionen gibt, die Abwärtsspirale also auch verlassen werden kann, wenn ein Stressfaktor nachlässt.

Der direkte Dürretod eines Baums – quasi ein physiologischer Kollaps – war in unsern Wäldern bis 2018/19 nur selten zu beobachten. Er ist für die Wissenschaft eine große Herausforderung und es werden zwei Prozesse diskutiert (McDowell et al. 2008): Zum einen das Verhungern (»carbon starvation«) und zum anderen das Verdursten infolge eines weitgehenden Zusammenbruchs der Wasserleitfähigkeit durch Kavitationen, d. h. den Lufteintritt in die Leitungsbahnen (»hydraulic failure«). Um dies zu verstehen, muss man sich vergegenwärtigen, dass das prinzipielle Dilemma eines jeden Baums darin besteht, dass er, um CO₂ für die Photosynthese aufzunehmen, die Spaltöffnungen öffnen muss und dabei automatisch Wasser verliert. Offensichtlich können jedoch einige Arten, zum Beispiel Baumarten mediterraner Regionen, wesentlich extremeren Wassermangel aushalten als beispielsweise Baumarten gemäßigter Breiten. Es zeigt sich, dass das Wasserleitsystem dieser Arten weniger kavitationsanfällig ist und dadurch höheren Wassermangel standhalten kann (Breda et al. 2006). Auch unsere Arten unterscheiden sich hinsichtlich der Kavitationsanfälligkeit, zum Beispiel liegt diese bei Fichte höher als bei Kiefer und Buche (Klein 2014). In der Schweiz konnte 2018 erstmalig ein solcher Kollaps der Wasserleitung messtechnisch »live« verfolgt werden. Während einige Fichten direkt abstarben, überlebten die Buchen, auch wenn sie einen Teil der Krone einbüßten (Schuldt et al. 2020). Ob »Verhungern« oder »Verdursten« den Ausschlag gibt, lässt sich dabei wohl nicht sagen. Beide Prozesse sind zu eng miteinander verknüpft (McDowell 2011).

Anpassungen an Trockenheit

Anpassungen von Bäumen (und Landpflanzen allgemein) an Trockenheit haben das Ziel, die Austrocknung von Gewebe zu verzögern und die Austrocknungsresistenz zu erhöhen. Sie sind bei Arten und Herkünften trockenerer Gebiete grundsätzlich stärker verankert. Ellenberg und Leuschner (2010) nennen einige Elemente einer Anpassungsstrategie an Trockenheit, die wir hier in Auszügen auflisten und aus anderen Literaturstellen ergänzt haben:

- Schon die *Anatomie der Blätter* zeigt durch ihre wachsartige Cuticula, die Anordnung der Spaltöffnungen (Stomata) an der Blattunterseite (im Fall von Laubbäumen) und Verstärkung des Stützgewebes z.B. bei Sonnenblättern, wie wichtig ein Schutz vor unkontrollierter Verdunstung für den Baum ist.
- *Durch Schließen der Stomata* reduzieren Bäume kurzfristig und dynamisch ihren Wasserverlust. Allerdings verzichten sie damit auf Photosynthese, und auch die kühlende Wirkung der Verdunstung. Bäume nutzen oft den kühleren Vormittag, wo die Strahlung schon hoch, und die Luft noch nicht so trocken ist, für die Photosynthese und schließen mit zunehmendem Wasserverlust im Tagesverlauf die Stomata.
- *Reduzierung der Blattfläche*: einerseits durch Einrollen und/oder vorzeitiges Verfärben und Abwerfen (Seneszenz), andererseits durch Produktion von weniger und kleineren Blättern im Folgejahr. Im Gegensatz zum Stomatenschluss ist dieser Prozess nicht reversibel, und die Erholung kann mehrere Jahre dauern.
- *Verringerung der Verletzbarkeit der Leitungsbahnen* für Lufttritt (»Kavitation«) erfolgt langfristig u.a. mit kleineren Gefäßdurchmessern (Schuldt et al. 2016). Dieser Aspekt wird aktuell sehr intensiv erforscht. Neuere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Laubbäume einen Verlust von bis zu 90 % ihrer Leitungsfläche überleben können, während Nadelbäume schon bei 50 % absterben (Urli et al. 2013).
- Durch die Fähigkeit, *tiefer wurzeln* zu können, erschließt sich ein Baum langfristig ein größeres Wasserreservoir im Boden und kann damit – sofern der Boden entsprechend Wasser speichert – Dürreperioden eine Zeit lang überbrücken. Auf trockenen Standorten und nach Dürreperioden investieren Bäume vermehrt in das Wurzelsystem. Das Wasser im Boden wird dabei nicht nur von den mikroskopisch kleinen Feinwurzeln aufgenommen, sondern auch über das weit verzweigte Geflecht der Mykorrhiza. Auch die Zusammensetzung der Mykorrhiza ändert sich infolge von Trockenheit.
- *Erhöhung der Fähigkeit, dem Boden mehr Wasser entziehen zu können* durch aktiv eingelagerte Stoffe im Blatt- und Wurzelgewebe; diese osmotischen Anpassung wurde u.a. bei den Gattungen *Acer*, *Carpinus*, *Quercus*, *Prunus*, *Pinus* und *Picea* gefunden (Ellenberg und Leuschner 2010).

Sowohl die kurzfristigen Überlebensstrategien wie Stomatenschluss und Blattabwurf als auch langfristige Anpassungen wie ein verstärktes Wurzelwachstum führen zwangsläufig zu einer Abnahme des oberirdischen Wachstums. Sie verhindern allerdings den ungleich höheren Verlust des gesamten Baums. Auch bei der Verschiebung der Artenzusammensetzung hin zu wärme- und trocken-toleranten Arten ist der Gewinn der Stabilität der Wälder allgemein mit einem Leistungsverlust verbunden (u.a. Hanewinkel et al. 2013; Thurm et al. 2018).

Zusammenfassung

Die Dürren 2018 und 2019 in Teilen Nordbayerns waren außergewöhnlich und haben gravierende Folgen für Waldbäume, die in unterschiedlichen Monitoringprogrammen und Inventuren nachgewiesen werden können. Regional sind die Anbauschwellenwerte einiger Baumarten deutlich über- bzw. unterschritten worden, so dass es zu Abnahme der Vitalität und erhöhter Mortalität kam. Diese Extreme sind die »Architekten« des Klimawandels, die sich in Arealverschiebungen von Baumarten und Arten allgemein manifestiert. Betroffen sind sowohl die Verjüngung als auch der Altbestand, die Auswirkungen sind standortsensitiv und wirken zusammen mit weiteren Faktoren. Die Risiken unterscheiden sich je Baumart, da die Baumarten unterschiedlich stark an Wärme und Trockenheit angepasst sind. Da nicht vorhergesagt werden kann, wo und wann Extremjahre auftreten, ist man am besten gewappnet, wenn man seine Bestände schon früh mit wärme- und trockenheitstoleranten Arten anreichert und besonders gefährdete Standorte im Blick hat.

Literatur

- Ackermann, J.; Adler, P.; Hoffman, K.; Hurling, R.; John, R.; Otto, L.-F.; Sagischewski, H.; Seitz, R.; Straub, C.; Stürtz, M. (2018): Früherkennung von Buchdruckerbefall durch Drohnen. *AFZ-DerWald* 19, S. 50–53
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2020): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2019. 60 S.
- Brandl, S.; Falk, W. (2019): Mortalität von Fichte und Buche – Einfluss von Klima und Mischung. *AFZ-Der Wald* 2, S. 10–13
- Bréda, N.; Huc, R.; Granier, A.; Dreyer, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6), S. 625–644
- Ellenberg, H.; Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Auflage. UTB, Stuttgart
- Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M. J.; Nabuurs, G. J.; Zimmermann, N. E. (2013): Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3(3), 203–207
- Klein, T. (2014): The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and anisohydric behaviours. *Functional Ecology*, 28(6), S. 1313–1320
- Klemmt, H.-J.; Taeger, S.; Lemme, H.; Buras, A.; Straub, C.; Menzel, A. (2018): Absterbeerscheinungen der Kiefer in Mittelfranken. *AFZ/DerWald* 11, S. 20–22
- Kölling, C.; Schmidt, O. (2013): Die Lüge der Überlebenden. *LWF aktuell* 96, S. 22–24
- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2020): Wald unter Druck. *LWF aktuell* 125
- Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M. J.; Nabuurs, G. J.; Zimmermann, N. E. (2013): Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3(3), S. 203–207
- Manion, P.D. (1981): Tree disease concepts. Prentice-Hall, Inc.
- Mauri, A.; Strona, G.; San-Miguel-Ayanz, J. (2017): EU-Forest, a high-resolution tree occurrence dataset for Europe. *Scientific data*, 4(1), S. 1–8
- McDowell, N.; Pockman, W. T.; Allen, C. D.; Breshears, D. D.; Cobb, N.; Kolb, T.; ... & Yezzer, E. A. (2008): Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?. *New phytologist*, 178(4), S. 719–739
- McDowell, N. G. (2011): Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. *Plant physiology*, 155(3), S. 1051–1059
- Raspe, S.; Schulz, C.; Kroll, F. (2003): Wenn schon im Sommer tonnenweise Blätter fallen. *Lwf aktuell* 43, S. 11–13
- Roloff, A. (2001): Baumkronen – Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Ulmer, Stuttgart
- Schuldt, B.; Knutzen, F.; Delzon, S.; Jansen, S.; Müller-Haubold, H.; Burlett, R.; ... & Leuschner, C. (2016): How adaptable is the hydraulic system of European beech in the face of climate change-related precipitation reduction?. *New Phytologist*, 210(2), S. 443–458
- Schuldt, B.; Buras, A.; Arend, M.; Vitasse, Y.; Beierkuhnlein, C.; Damm, A.; ... & Kahmen, A. (2020): A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology*
- StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (2019): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2019. 21 S.
- Thurm, E. A.; Hernandez, L.; Baltensweiler, A.; Ayan, S.; Rasztovits, E.; Bielak, K.; Zlatanoc, T.M.; Hladnik, D.; Balic, B.; Freudenschuss, A.; Büchsenmeister, R.; Falk, W. (2018): Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *Forest Ecology and Management*, 430, S. 485–497
- Urli, M.; Porté, A. J.; Cochard, H.; Guengant, Y.; Burlett, R.; Delzon, S. (2013): Xylem embolism threshold for catastrophic hydraulic failure in angiosperm trees. *Tree physiology*, 33(7), S. 672–683

Autoren

Dr. Tobias Mette bearbeitet in der Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das vom Waldklimafonds geförderte Projekt ANALOG. Wolfgang Falk entwickelt Einschätzungen zum Anbaurisiko für das Beratungsinstrument BaSIS.

Kontakt: Tobias.Mette@lwf.bayern.de

Ein Gründervater und Förderer verlässt die Brücke



ZENTRUM WALD FORST HOLZ
WEIHENSTEPHAN



LWF-Präsident Olaf Schmidt ist einer der Gründerväter des ZWFH und war viele Jahre auch Leiter des Zentrums. Foto: C. Josten, ZWFH

Sie waren viermal Leiter des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan, davon zweimal in der Anfangszeit – was hat Ihnen dabei am meisten Spaß gemacht?

Am meisten Spaß gemacht hat mir die Zusammenarbeit mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Geschäftsstelle im Laufe der Jahre. Als Highlight sehe ich immer noch die Drei-Länder-Entomologentagung mit 500 Teilnehmern aus zwölf Ländern 2017 hier im Zentrum Wald-Forst-Holz an. Viel Zufriedenheit hat mir auch die Überzeugung gebracht, dass alle drei Partner des ZWFH von der Maxime der deutschen Forstwissenschaft, nämlich der Nachhaltigkeit, geleitet werden. Als Forstleute sind wir überzeugt, dass eine naturnahe Nutzung der Wälder unter dem Prinzip der Nachhaltigkeit dem Allgemeinwohl dient. Der jährliche Neujahrsempfang ist aus dem Kalender des Campus und der Stadt Freising nicht mehr wegzudenken.

Das Zusammenwachsen der drei Partner des Zentrums hat sich über die Jahre entwickelt, hätten Sie es gerne an der einen oder anderen Stelle schneller gehabt?

Ja, es wäre schön gewesen, wenn sich die drei Partner des Zentrums schneller zusammengefunden hätten, aber es »menschelt« nicht nur in der Gesellschaft, sondern auch an den drei Institutionen.

Sehen Sie die Erfolge des Zentrums auch in der räumlichen Nähe der drei Partner?

Sicher ist eine Besonderheit des Zentrums Wald-Forst-Holz auch die räumliche Nähe der drei Partner rund um den Carlowitz-Platz. Das erleichtert den persönlichen Austausch sehr.

Welche Herausforderungen sehen Sie auf das Zentrum zukommen?

Durch die anthropogen wirkenden Umweltbedingungen, wie zum Beispiel Klimawandel und Eutrophierung, sehe ich große Herausforderungen auf das Zentrum Wald-Forst-Holz und auf die wissenschaftliche Erforschung dieser Phänomene und Begleitumstände zukommen.

Sehr geehrter Herr Präsident Schmidt, Sie leiten seit 20 Jahren die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Zudem waren Sie einer der Gründerväter des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan. Nun, da Sie mit Ablauf des Monats Juli 2020 in Ruhestand gehen, wollen wir Sie um einen kurzen Rückblick auf 17 Jahre Zentrum bitten.

Wurden Ihre Erwartungen, die Sie mit der Gründung des Zentrums verbunden haben, erfüllt?

Ja, meine Erwartungen und Hoffnungen, die ich mit dem Zentrum Wald-Forst-Holz verbinde, wurden im Großen und Ganzen erfüllt. Insgesamt haben sich die Zusammenarbeit und der Austausch zwischen den Partnern deutlich verbessert.



Olaf Schmidt eröffnet als Leiter des Forstzentrums den Jahresempfang 2019. Foto: C. Josten, ZWFH



Bayerns Forstministerin Michaela Kaniber mit Heinrich Förster, Geschäftsführer, und Olaf Schmidt, dem Leiter des Forstzentrums, auf der Messe INTERFORST 2018. Foto: C. Josten, ZWFH



Olaf Schmidt referiert über neozoische Insekten an Bäumen auf der Entomologentagung 2017 in Freising. Foto: C. Josten, ZWFH

Mit welcher Symbiose im Tier- oder Pflanzenreich lässt sich das ZWFH vergleichen?

Ein schwierige Frage: Ich würde das Zentrum Wald-Forst-Holz, dem es ja um Wald und Forstwirtschaft geht, mit der Symbiose der Mykorrhiza-Pilze an Baumwurzeln vergleichen. Der Baum steht hier symbolisch für Wald und Forstwirtschaft und die drei Partner TUM, HSWT, LWF stehen für verschiedene obligate Mykorrhiza-Pilze an den Baumwurzeln, die den Baum im Wachstum unterstützen und gleichzeitig vom Baum mitversorgt werden.

Das Interview führte Heinrich Förster, Geschäftsführer des ZWFH.

Wald und Waldbau im Klimawandel



Prof. Dr. Rupert Seidl Foto: C. Josten, ZWFH

Sehr geehrter Professor Seidl, Sie haben an der TU München den »Lehrstuhl für Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften« in einer Zeit des Umbruchs und Umdenkens übernommen. Der in den letzten Jahrzehnten aufziehende Klimawandel wird inzwischen von den meisten anerkannt und folgerichtig wird nach Lösungen gefragt.

Der Wald wird durch abiotische Entwicklungen geschwächt und durch Schadereignisse zerstört. Welche Möglichkeiten sehen Sie, den Wald widerstandsfähig zu machen?

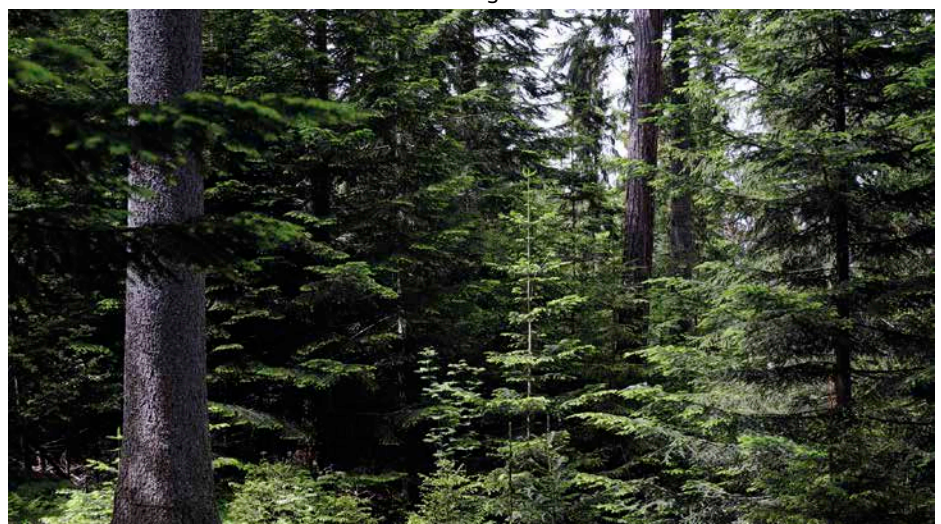
Wir durchleben in der Tat sehr herausfordernde Zeiten. Die vergangenen beiden Sommer haben uns drastisch vor Augen geführt, wie sich Klimawandel »anfühlt« und welche Auswirkungen die Zunahme klimatischer Extreme im Wald haben kann. Meiner Meinung nach müssen wir der Situation auf zwei Ebenen begegnen: Zum einen gibt es waldbauliche Möglichkeiten, um knapper werdende Ressourcen wie zum Beispiel Wasser optimal zu nutzen. Durchforstungen können hier einen positiven Effekt erzielen. Zum anderen müssen wir aber sowohl als Einzelpersonen als auch als Wald-Holz-Sektor verstärkt gegen den Klimawandel aktiv werden – sowohl durch unser persönliches Handeln als auch durch ein starkes gesellschaftliches Engagement für den Klimaschutz. Der Wald ist besonders vom Klimawandel betroffen, Klimaschutz ist also auch Waldschutz!

Strukturvielfalt ist ein wichtiger Baustein, um die Wälder an die Herausforderungen des Klimawandels anzupassen. Foto: R. Seidl

Unter den biotischen Schädlingen nutzen alte Bekannte und Neuzugänge den geschwächten Wald zu ihren Gunsten. Wie können wir diese Kausalkette durchbrechen?

Die angesprochene Situation erscheint in der Tat oft wie eine Negativ-Spirale. All jenen Waldbewirtschaftenden und Waldbewirtschaftern, die sich aktuell die Frage stellen, ob der Wald in Mitteleuropa überhaupt noch eine Zukunft hat, kann ich aber einen Silberstreif am Horizont bieten: Unsere Szenarioanalysen zeigen, dass sich unsere Wälder langfristig an die geänderten Bedingungen anpassen können, auch was die biotischen Schäden betrifft. Wälder sind also insgesamt resilienter als uns das die Situation unmittelbar nach einem Schadereignis suggeriert! Kurz- bis mittelfristig müssen wir jedoch Wege finden, wie wir als Forstwirtschaft die aktuellen Herausforderungen bestehen können. Und wir müssen akzeptieren, dass die Wälder der Zukunft deutlich anders aussehen werden als die Wälder der Gegenwart.

Der Klimawandel schwächt den Wald und fördert Schädlinge wie die Borkenkäfer. Foto: R. Seidl



Wie lassen sich standortgerechte und strukturierte Mischbestände aus überwiegend heimischen Baumarten halten oder gar mehren?

Meiner Ansicht nach sind die angesprochenen Mischbestände ein zentrales Element in der Begegnung der zuvor angesprochenen Herausforderungen. Viele unserer Untersuchungen zeigen, dass Mischbestände besser auf geänderte Bedingungen und Störungen reagieren können und eine höhere Resilienz aufweisen. Weiter können sie auch die breite Palette an gesellschaftlich nachgefragten Ökosystemleistungen oft besser erfüllen als Reinbestände. Struktur und Mischung sind also aus meiner Sicht zentrale Elemente des Waldbaus der Zukunft. Und hier sollten wir durchaus auch über den Bestandsrand hinausschauen und Mischung und Struktur auch auf einer landwirtschaftlichen Ebene denken.

Einige bewährte »neue« Baumarten werden in Deutschland als Beimischungen empfohlen, wie stehen Sie dazu?

Ich denke, dass wir in der aktuellen Situation die komplette Bandbreite der waldbaulichen Möglichkeiten ausnützen müssen – und dazu gehört auch der Einsatz gebietsfremder Baumarten. Dies muss jedoch auf einer wissenschaftlich fundierten Basis geschehen und die Chancen müssen gegen etwaige Risiken abgewogen werden. Weiter würde ich davor warnen, das Heil in einigen wenigen »klimafitten Wunderbaumarten« zu suchen und Reinbestände von Baumarten, mit denen wir aktuell Probleme haben, wie zum Beispiel die Fichte in den Tief- und Mittellagen, durch Reinbestände gebietsfremder Baumarten zu ersetzen.

Schäden im Bergwald sind einer der Brennpunkte der aktuellen Herausforderungen, vor allem wenn Schutzfunktionen beeinträchtigt werden.

Foto: R. Seidl

Auch wenn diese neuen Baumarten heute noch geringe Schäden durch biotische Störungen zeigen, ist doch davon auszugehen, dass bei zunehmendem Flächenanteil auch die entsprechenden Schädlinge auftreten werden. Mit großflächigen Reinbeständen einzelner gebietsfremder Baumarten schreiben wir die aktuellen Probleme also möglicherweise in die Zukunft fort. Die zuvor schon angesprochenen Vorteile der Diversität sollten meiner Ansicht nach auch im Kontext des Einsatzes von gebietsfremden Baumarten berücksichtigt werden.

Der »neue« Wald soll die verschiedenen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Waldfunktionen sicherstellen. Wie sehen Sie die Möglichkeiten, trotzdem Holz zu produzieren?

Die Holzproduktion wird auch in Zukunft eine wichtige Funktion des Waldes sein, da bin ich mir ganz sicher! Nicht zuletzt auch deswegen, weil das gesellschaftliche Interesse am nachwachsenden Rohstoff Holz wieder stark ansteigt. Wir sehen eine Renaissance des Holzbaus; aber auch neuartige Holzverwendungen im Rahmen einer sich rasch entwickelnden Bioökonomie sind im Kommen. Eine zentrale Aufgabe des Waldbaus bleibt also, die Bereitstellung des nachwachsenden Rohstoffes Holz nachhaltig sicherzustellen. Gleichzeitig müssen wir uns aber davon lösen, die Holzproduktion als die Leitfunktion des Waldes zu sehen, der wir alle anderen Überlegungen unterordnen. Ich sehe in der Vielzahl der vom Wald für die Gesellschaft bereitgestellten Leistungen eine große Chance für die Forstwirtschaft: Wer kann sonst schon von sich behaupten, dass seine Produktionsstätte gleichzeitig ein beliebter Erholungsort ist, das Klima schützt und einen zentralen Beitrag zum Artenschutz liefert?

Sehen Sie eine Möglichkeit, mit Herkünften anderer Regionen, die genetisch an unser zukünftig zu erwartendes Klima angepasst sind, den Wald in Deutschland zu erhalten und zu mehren?

Überlegungen der Genetik werden sicher in Zukunft einen noch größeren Stellenwert einnehmen als bisher. Die genetische Vielfalt und die weite geografische Verbreitung unserer heimischen Baumarten, zum Beispiel von Griechenland über Kalabrien bis in die Pyrenäen im Fall der Weißtanne, ist definitiv ein zentrales Element im Kampf gegen die Auswirkungen des Klimawandels.



Dieses Potenzial müssen wir noch besser verstehen und entsprechend zur Anwendung bringen. Die steigende Verfügbarkeit und sinkende Kosten genetischer Analysemethoden stellen hier eine große Verbesserung dar. Grundsätzlich sind alle waldbaulichen Maßnahmen als positiv einzuschätzen, welche die genetische Vielfalt erhöhen.

Speziell im Gebirgswald sind die Folgen der Schädigungen gravierender für die Menschen, die den Wald bisher als Schutzwald genutzt haben. Welche Möglichkeiten sehen Sie, diese zu reduzieren?

Der Schutzwald stellt in der Tat einen Brennpunkt der aktuellen Herausforderungen dar. Zum einen gibt es – auch auf europäischer Ebene – ein stärker werdendes Bekenntnis, auf »Green Infrastructure« zu setzen. Andererseits ist gerade der Gebirgswald dem Klimawandel besonders ausgesetzt, da sich die Alpen deutlich schneller erwärmen als das Umland. Störungen werden im Schutzwald auch in Zukunft nicht vermeidbar sein, eine möglichst schnelle Erholung der Schutzfunktion kann aber zum Beispiel durch die Erziehung strukturreicher Bestände durch Vorauszucht gefördert werden. Und mancherorts wird man den Schutzwald auch kom-

plett neu denken müssen – ein Niederwald aus Hasel oder Hainbuche ist nicht gegenüber Wind und Borkenkäfer anfällig, bietet aber auch einen sehr hohen Schutz gegenüber Steinschlag.

Berücksichtigen die staatlichen Fördermaßnahmen von Bund und Ländern die Situation im Klimawandel angemessen?

Das ist eine sehr politische Frage und ich bin wahrscheinlich noch viel zu kurz in Deutschland, um hier eine entsprechend qualifizierte Antwort geben zu können. Grundsätzlich denke ich, dass Förderungen wichtige Anreize setzen können, um Entwicklungen in die gewünschte Richtung zu lenken. Situationen, in denen das Wirtschaften fast ausschließlich auf Förderungen ausgerichtet ist, finde ich jedoch auch nicht unbedingt erstrebenswert. Ich denke, hier gilt es einen guten Mittelweg zu finden, indem einerseits die bestehenden Wertschöpfungsketten gestärkt beziehungsweise neue Märkte erschlossen werden und andererseits durch Förderungen Impulse gesetzt werden.

Sehr geehrter Professor Seidl, wir bedanken uns recht herzlich für das Interview.

Die Fragen stellte Heinrich Förster, Geschäftsführer des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan.

Zur Person

Der aus Salzburg stammende Prof. Dr. Rupert Seidl (41) übernahm 2019 von Prof. Dr. Reinhard Mosandl den Lehrstuhl für Waldbau an der TU München, welcher am 30.09.2019 in den Ruhestand ging. Mit seiner Berufung als Professor an der TU München wurden die Agenden des ehemaligen Lehrstuhls für Waldbau nun vom Lehrstuhl für Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften übernommen.

Personalia

Annighöfer zum Professor berufen

Professor Dr. Peter Annighöfer (37) wurde zum 1. April 2020 auf die Professur Wald- und Agroforstsysteme am Forschungsdepartement Ökologie und Ökosystemmanagement der Technischen Universität München (TUM) berufen.

Seine forstwissenschaftliche und waldökologische Ausbildung erhielt Annighöfer an der Georg-August-Universität in Göttingen, von wo aus er auch ein Auslandssemester in Chile absolvierte. Er promovierte 2013 mit »Summa cum laude« zum Doktor der Forstwissenschaften an der Abteilung von Professor Dr. Christian Ammer in Göttingen. Anschließend arbeitete er dort zu wissenschaftlichen Fragen der Verjüngungsökologie und Waldstrukturdynamik, zu nichtheimischen Baumarten sowie zu waldbaulichen Möglichkeiten der Wald- und Ökosystementwicklung. Im Jahr 2018 verbrachte er ein Forschungssemester an der University of California, Berkeley.

Im Zentrum des Forschungsinteresses an der Professur für Wald- und Agroforstsysteme stehen die abiotischen und biotischen Interaktionen der Pflanzen mit den daraus resultierenden vielfältigen Ökosystemstrukturen, -dynamiken und -dienstleistungen. Ziel der Forschungstätigkeit ist es dabei, durch die Quantifizierung der Interaktionen und Zustände einerseits die Vorhersagbarkeit der Ökosystementwicklung weiter voranzutreiben und ihre Adaptionskraft zu erhöhen sowie andererseits Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige und zielgerichtete waldbauliche und agroforstliche Bewirtschaftung ableiten zu können. red



Laubholz hat Zukunft!

Holz als nachwachsender und nachhaltig erzeugbarer Rohstoff wird zukünftig eine immer wichtigere Rolle spielen. Doch der Klimawandel stellt die Forst- und Holzwirtschaft vor dynamische Herausforderungen. Vor allem der erforderliche Waldumbau hin zu klimatoleranteren Wäldern wird zu einer veränderten Baumarten-Zusammensetzung und einem vermehrten Angebot von Laubholz-Sortimenten führen. Daraus resultiert sowohl die Herausforderung als auch die Chance, innovative Verwertungslinien zu entwickeln. Das neue Forschungsprojekt LauBiOeK »Laubholznutzung im Rahmen einer effizienten Bioökonomie« betrachtet innovative Verwertungslinien aus unterschiedlichen Perspektiven: Sozialökonomie, Technik, Markt, Ressourceneffizienz und Klimabilanz. Aus den Forschungsergebnissen des Projekts wird eine exemplarische Entscheidungsmatrix für die Akteure der Wald-Forst-Holz-Kette in der Pilotregion Bayern abgeleitet. Dieses Experten-

Foto: C. Josten, ZWFH



system soll alternative Nutzungsmöglichkeiten für die zukünftige Laubholznutzung anhand von Produktlinien sowie regionaler Ressourcen-Szenarien vergleichen und Handlungsmöglichkeiten aufzeigen. Projektpartner sind die .bwc management consulting GmbH aus Abensberg, die Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern gGmbH und die Technische Universität München mit dem Lehrstuhl für Holzwissenschaft und dem Lehrstuhl für Wald- und Umweltpolitik. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.03.2020 bis zum 28.02.2023 und wird aus Mitteln des Waldklimafonds finanziell gefördert. Stefan Torno, Cluster Forst und Holz in Bayern

»Climate Change Management«

Die letzten Hitze-Jahre zeigten, dass der Klimawandel die freie Landschaft mit voller Wucht trifft. Wälder, Wiesen und Felder erleiden Trockenschäden, Gewässer überhitzen, extreme Unwetter häufen sich. Die Landwirtschaft führt Bewässerung ein, der Forst prüft den Anbau neuartiger Klimabäume. Der neue Master-Studiengang »Climate Change Management« der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf setzt sich mit genau diesen Herausforderungen auseinander. Zum Wintersemester 2020 wird er erstmals angeboten. Drei große Fragestellungen leiten durch das Studium:

- Wie wirkt sich der Klimawandel in der freien Landschaft aus?
- Was können Land- und Forstwirtschaft sowie die Landschaftsplanung tun, um die Effekte des Klimawandels abzumildern?
- Wie können sie sich an den Klimawandel anpassen?

Professor Jörg Ewald von der Fakultät Wald und Forstwirtschaft, der an der Entwicklung des 3-semesterigen Studiengangs mitgewirkt hat, erläutert: »Wir gehen davon aus, dass Klimawandel und Landnutzung weltweit ein Riesenthema ist. In den Berufssektoren wird zunehmend nach Experten gefragt, die spezielles Fachwissen zum Klimawandel mitbringen. Wir sehen da auch den internationalen Markt; der Studiengang wird deshalb konsequent auf Englisch abgehalten. Ziel der Hochschule ist, ein weltweites Publikum anzusprechen«. Um einen Studienplatz bewerben können sich sowohl Bachelor-Absolventen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Landschaftsarchitektur als auch aus den Bereichen der Umweltwissenschaften.

Christoph Josten, ZWFH

www.hswt.de/studium/studiengaenge/mcc.html



Wie sich der Klimawandel auf die Natur auswirkt, wie sich die Landnutzung an den Klimawandel anpassen muss und welchen Beitrag sie zur Abmilderung leisten kann, darum geht es im neuen Master Climate Change Management. Foto: M. Friedel

Praxisanbauversuche mit Baumhaseln und Zedern



Im Rahmen des CorCed-Projekts, in dem die Anbauwürdigkeit von Herkünften der Atlaszeder, Libanonzeder und Baumhaseln in Deutschland untersucht wird, wurden bis heute über 30 Praxisanbauversuche angelegt. Die Förderung des Verbundvorhabens erfolgt durch finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

Um der Praxis die Frage nach möglichen Ersatzbaumarten und Herkünften beantworten zu können, wurden aus forstgenetischer Sicht Praxisanbauversuche etabliert. Dabei soll genetisch identisches Material eines ausgewählten Erntebestandes unter möglichst vielen unterschiedlichen Standort- und Umweltbedingungen getestet und gemeinsam mit der Forstpraxis unterschiedlicher Waldbesitzarten (Staat-, Körperschafts- und Privatwald) erste Anbauerfahrungen gesammelt werden. Das genaue Vorgehen haben Janßen et al.

2019 beschrieben. Die ausgewählte Herkunft (Erntebestand) wird auch in den Herkunftsversuchen des AWG angebaut und kann mit unterschiedlichen Herkünften dieser Baumart verglichen werden. Dadurch ist eine Einbindung der Ergebnisse aus den Praxisanbauversuchen in Herkunftsempfehlungen möglich.

Baumhasel

Bei der Baumhasel wurde im Herbst 2016 mit dem Aufbau der Praxisanbauversuche begonnen. Dabei wurden zehn Standorte in Bayern ausgewählt, auf denen die heimischen Baumarten bereits erst Ausfälle aufgezeigt haben. Der türkische Baumhasel-Erntebestand »Bolu« wurde als Standardherkunft verwendet. Diese Herkunft wurde in den 2019 begründeten Herkunftsversuchen ebenfalls eingebracht. Um die Ergebnisse später auswerten und vergleichen zu können, hat das AWG Mindestanforderun-

gen an die Waldbesitzer vorgegeben. Vor allem auf flachgründigen und strukturreichen Kalkstandorten kann die Baumhasel als Mischbaumart eingebracht werden.

Atlaszeder

Im Frühjahr 2019 folgte dann die Anlage von Praxisanbauversuchen mit der Atlaszeder. Dabei konnten in elf Forstbetrieben (Abbildung unten) Flächen von rund 0,1 ha Größe mit je etwa 250 Atlaszedern begründet werden. So können die ermittelten Werte zur besseren Orientierung auf Hektarwerte hochgerechnet werden. Die meisten Flächen wurden in Privat- und Kommunalwäldern angelegt. In Rahmen eines Pilotprojekts wurde auch den Bayerischen Staatsforsten Pflanzmaterial zur Verfügung gestellt. Dadurch konnten wichtige klimatische und standörtliche Gegebenheiten in Bayern abgedeckt werden. Der französische Atlaszeder-Erntebestand »Menerbes« wurde als Standardherkunft ausgewählt. Dieser Bestand wurde in Nachkommenschaftsprüfungen in Frankreich getestet und wies überdurchschnittliches Wachstum auf.

Libanonzeder

Im Frühjahr 2020 wurden in elf Forstbetrieben Praxisanbauversuche mit je etwa 250 Libanonzedern begründet. Das Vorgehen und die Mindestanforderungen wurden wie bei den ersten beiden Arten eingehalten und es wurden unterschiedliche Umweltbedingungen abgedeckt. Die Libanonzeder gilt als dürretolerant und könnte gerade auf flachgründigen Kalkstandorten als eine



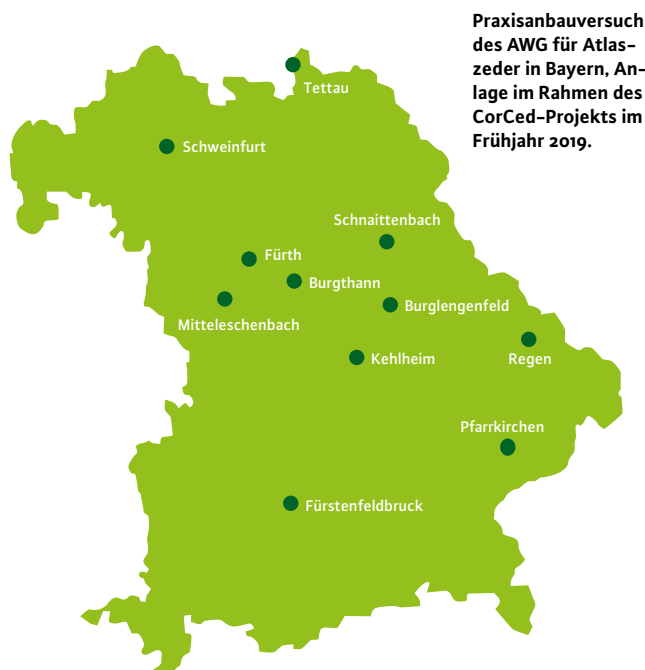
Libanonzeder in der Anzucht

Foto: M. Šeho, AWG

mögliche Mischbaumart eingebracht werden. Die verwendeten Herkünfte wurden im Rahmen der Zedern-Herkunftsversuche ebenfalls berücksichtigt.

Die drei Baumarten sind in der Leitlinie der Bayerischen Forstverwaltung »Baumarten für den Klimawald« mit Priorität 2 versehen und können im Rahmen von Praxisanbauversuchen ausprobiert werden. Durch die Überarbeitung des waldbaulichen Förderprogramms (WALDFÖPR) zum 17. Februar 2020 kann unter Einhaltung der Mindeststandards der Anbau dieser Baumarten mit staatlichen Finanzmitteln gefördert werden. Anhand der bisherigen Ergebnisse aus dem CorCed-Projekt wurden Herkünfte vorgeschlagen, die für die Anlage von Praxisanbauversuchen in Bayern genutzt werden sollten. Die sind auf der Internetseite des AWG zu finden. Durch die gestiegene Nachfrage haben sich einige Forstbauschulen bereits um einen Saatgutankauf bemüht. Es wird in den kommenden Jahren mehr Pflanzmaterial zu angemessenen Preisen angeboten werden.

Dr. Muhidin Šeho, AWG



Ein forstgenetisches Monitoringsystem für Europa – LIFEGENMON

Wälder und forstgenetische Ressourcen sind einer Vielzahl zunehmender Bedrohungen ausgesetzt. Der wichtigste Maßstab für das Überleben und die Anpassungsfähigkeit von Waldpopulationen unter sich ändernden Klima- und Umweltbedingungen ist die genetische Vielfalt. Die Einführung der Waldgenetik in Generschuttsprogramme, Naturschutzprogramme und eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ermöglichen es uns, Informationen über relevante Veränderungen der neutralen und adaptiven genetischen Variation einer Art oder einer Population im Laufe der Zeit zu bewerten. Basierend auf Indikatoren und ihren Verifikatoren sollte das forstgenetische Monitoring ein entscheidender Bestandteil jeder nachhaltigen Waldbewirtschaftung sein, da sie die Möglichkeit bietet, potenziell schädliche Änderungen der Anpassungsfähigkeit der Wä-



Genetisches Langzeit-Monitoring: Weißtannen-Fläche in Bayern Foto: Dr. D. Kavaliauskas, AWG

der frühzeitig zu erkennen. 2014 startete das AWG mit fünf Partnern aus Slowenien und Griechenland das EU-Projekt LIFE-GENMON (LIFE for EUROPEAN FOREST GENETIC MONITORING SYSTEM (<http://www.lifegenmon.si/>)). Das Projekt hat ein forstgenetisches Monitoringkonzept implementiert und getestet mit den Zielen:

- Definition optimaler Indikatoren und Verifikatoren für das Monitoring der zeitlichen Veränderungen der genetischen Vielfalt für zwei ausgewählte Zielbaumarten Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Weißtanne (*Abies alba/Abies borisii-regis*-Komplex) über einen Transekt von Bayern nach Griechenland;
- Ausarbeitung von Leitlinien zur Überwachung der Genetik für die Umsetzung des Konzeptes auf nationaler, regionaler und EU-Ebene für diese zwei und weitere fünf Waldbaumarten (*Abies alba/Abies borisii-regis*, *Fagus sylvatica*, *Prunus avium*, *Populus nigra*, *Prunus nigra*, *Fraxinus excelsior* und *Quercus* spp.-Komplex), die sich in ihrer Verbreitung unterscheiden;
- Erstellung eines Handbuchs für die Überwachung der Genetik zur Umsetzung auf EU-Ebene;
- Organisation von Workshops/Schulungen für den Forstsektor, um forstgenetisches Monitoring nach standardisierten Verfahren durchführen zu können und die Ergebnisse dieses Frühwarnsystems als Instrument für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zu fördern.

Dafür wurden sechs waldgenetische Beobachtungsflächen, drei für Weißtanne und drei für Rotbuche, im Transekt von Süddeutschland nach Griechenland angelegt. Mehr als 6.000 DNA-Proben von erwachsenen Bäumen, der Naturverjüngung und Samen wurden analysiert. Phänologische Beobachtungen von Austriebs- und Blütezeiten wurden durchgeführt. Erste Ergebnisse zeigten eine hohe genetische Vielfalt innerhalb von unterschiedlichen Generationen von Altbäumen, der Naturverjüngung und Samen beider Arten. Der Klimawandel mit den Folgen der Erwärmung der Erdatmosphäre, Sturmereignissen, Ausbreitung von Schädlingen und Krankheiten kann jedoch extreme Auswirkungen auf die genetische Vielfalt haben. Daher ist eine kontinuierliche Überwachung der Waldgenetik von entscheidender Bedeutung. Projektergebnisse werden auf der LIFE-GENMON-Abschlusskonferenz »Forest Science for Future Forests: Forest genetic monitoring and biodiversity in changing environments« vom 21. bis 25. September 2020 in Ljubljana, Slowenien vorgestellt. Finanziell unterstützt wurde diese Arbeit vom LIFE-Finanzierungsmechanismus der Europäischen Union (LIFE-GENMON-Projekt, LIFE13 ENV / SI / 000148).

Dr. Darius Kavaliauskas, AWG

Konferenz-Webseite:
<https://conference.lifegenmon.si/>

Aus der Landesstelle

Robinie – aber bitte nur geradschaftig und mit hoher genetischer Diversität

Unübersehbar scheinen überdurchschnittliche Temperaturen und lange Trockenperioden gerade in der Vegetationszeit zur Regelmäßigkeit zu werden. Gerade dadurch gewinnen temperaturtolerante Baumarten wie die Robinie an Aufmerksamkeit. Die Wahl zum Baum des Jahres 2020 trägt zusätzlich dazu bei, dass diese recht umstrittene Baumart nun steigende Nachfrage erfährt. Forstleute schrecken allerdings wegen ihrer Invasivität und den häufig krummen Stammformen davor zurück, sie zu verwenden. Andererseits wird sie neben der Dürresistenz, dem geringen Standortanspruch und der raschen Bodenbefestigung labiler Lagen besonders auch wegen dem hohen Brennwert und der Widerstandsfähigkeit und Härte des Kernholzes geschätzt.

Wie bei allen forstlich relevanten Baumarten kommt es bei der Auswahl des Vermehrungsgutes auch bei der Robinie auf die richtige genetische Herkunft an. Die Robinie unterliegt dem Forstvermehrungsgutgesetz und ermöglicht damit die für die Praxis so bedeutende Herkunftssicherheit und Identitätssicherung. Vermehrungsgut, meist als einjährige wurzelackte Pflanzen im Sortiment 1/0, kann also nur aus amtlich zugelassenen Ernteeinheiten wie Saatguterntebeständen oder Samenplantagen stammen. Die Bayerischen Herkunftsempfehlungen schlagen Vermehrungsgut aus der Region Nyirseg vor. Hier liegt der Schwerpunkt des ungarischen Robinienanbaus zur Schnittholzproduktion. Ferner werden Erntebestände aus dem für Bayern zugewiesenen Herkunftsgebiet 819 02 »Übriges Bundesgebiet« empfohlen. In Bayern gibt es bislang davon nur

Welche Fichtenherkunft hat im Bayerischen Wald Zukunft?



Vorbereitete Versuchsfläche Dräbberger Hänge, NPV Bayerischer Wald
Foto: R. Schirmer, AWG

Das Bayerische Amt für Waldgenetik (AWG) hat gemeinsam mit der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald (NPV) und dem Forstbetrieb Neureichenau der BaySF in diesem Frühjahr die Grundlage für eine genetische Langzeitbeobachtung unterschiedlicher Fichtenprovenienzen gelegt.

Ziel des Projekts ist die Bestimmung der Anpassungsfähigkeit von Fichtenherkünften aus autochthonen Beständen unterschiedlicher Höhenlagen auf sich ändernde Umweltbedingungen. In vorhergehenden Untersuchungen des AWG konnte mit Hilfe von genetischen Analysen eine höhenabhängige genetische Differenzierung der Fichte nachgewiesen werden. Dabei grenzten sich die Fichtenherkünfte von Standorten unterhalb 800 m ü. N.N. deutlich von Hochlagenherkünften ab. Durch das Verbringen unterschiedlicher Herkunft in Tief- (400m), Mittel- (850m) und Hochla-

gen (1.200m) des Bayerischen Waldes wird der Klimawandel simuliert: Es wird untersucht, wie Hochlagenfichten in warm-trockenen Gebieten und Tieflagenfichten durch klimawandelbedingte Migration in kühleren Hochlagen reagieren. Die künftigen Untersuchungen erfassen zunächst die Entwicklung der phänotypischen Merkmale und streben eine Verknüpfung mit den genetischen Strukturen an.

Auf jeder 0,3 ha großen Versuchsfläche wurden fünf unterschiedliche Herkunft ausgepflanzt: eine Tieflagenherkunft des Voralpenlandes sowie drei Herkunft aus verschiedenen Höhenlagen des Bayerischen Waldes. Die Hochlagenherkünfte aus dem Nationalpark wurden aus Saatgutreserven der Genbank nachgezogen, da die ursprünglichen Saatgutbestände wegen des Borkenkäferbefalls nicht mehr vorhanden sind. Zusätzlich kam eine Herkunft aus Mittelschweden zur Auspflanzung. Diese Herkunft zeigte bereits in der Baumschule eine stark unterschiedliche Höhenentwicklung. Zu Vergleichszwecken wurde auf allen sechs Versuchsstandorten eine Parzelle mit Saatgut aus drei Höhenstufen der Herkunftsgebiete 840 20, 840 21 und 840 22 angelegt. Alle Flächen wurden, um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen, gemulcht und gezäunt. Alle Flächen wurden aufgrund der anhaltenden Frühjahrstrockenheit bewässert, um Ausfällen vorzubeugen. Die Erstaufnahme von Höhe, Wurzelhalsdurchmesser und Ausfallprozent erfolgt zum Ende der Vegetationsperiode. Die NPV wird die Versuchsflächen für Begleituntersuchungen an der Ektomykorrhiza nutzen. Das AWG bedankt sich für die konstruktive Zusammenarbeit mit dem BaySF-Forstbetrieb und der Nationalparkverwaltung bei der Flächenauswahl und -anlage.

Martin Fritzenwenger und Randolph Schirmer, AWG

zwei, einen bei Höchstadt/Aisch und einen bei Bamberg. Ein Dritter, an der Isen nahe Altötting, befindet sich derzeit in der Zulassung. Dabei wurden zunächst die geforderten Mindestkriterien und die phänotypischen Merkmale, hier an erster Stelle die Stammform, gemäß den Vorgaben der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung überprüft. Die oft gefürchtete Fähigkeit der Robinie, Stockausschläge und starke Wurzelbrut zu bilden, kann dazu führen, dass viele Individuen ursprünglich nur von einem Mutterbaum stammen. Diese klonale Struktur lässt eine unerwünschte genetische Ausstattung des Saatgutes erwarten. Um dies abzuklären, wurden deshalb über die Fläche verteilt Holzproben genommen, die gerade im Labor am Bayerischen Amt für Waldgenetik der DNA-Analyse unterzogen werden. Dieses Ergebnis entscheidet nun maßgeblich über die Zulassungswürdigkeit des Vorkommens. Die Wuchsform wie auch eine ausreichend genetische

Diversität des Saatgutes wird die Voraussetzung sein für die Beteiligung der Robinie beim Aufbau klimatoleranter Mischwälder. So hat der Silberregen – wie die Robinie auch genannt wird – in Bayern eine Zukunft: nicht nur in der freien Landschaft, sondern auch an passenden Waldstandorten mit der richtigen waldbaulichen Behandlung.

Michael Luckas, AWG

Stamm, Blätter und Blüte der Robinie

Foto: M. Luckas, AWG



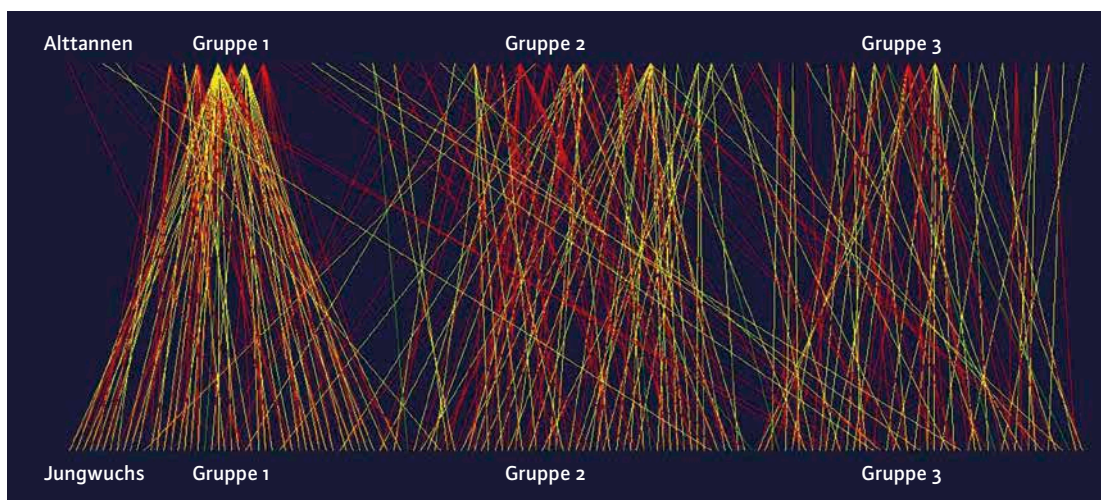
Gen-Check in Tannentrupps

Die Weißtanne ist eine wichtige Baumart strukturreicher Wälder und gilt als »klimatolerante« Baumart. In vielen Wäldern sind ältere Tannen oft nur in einzel- und trupp-, seltener in gruppenweiser Beimischung vorhanden, bieten aber gern genutzte Ansatzpunkte für die natürliche Verjüngung oder sogar der innerbetrieblichen Wildlingsgewinnung. Aus ökologisch-genetischer Sicht beeinflusst die Populationsgröße die effektive Anzahl der potenziellen Elternbäume und hat damit eine große Bedeutung für die genetische Konstitution und Anpassungsfähigkeit der Nachkommenschaften. Dieser Thematik ging eine Bachelorarbeit der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf zusammen mit dem AWG Teisendorf nach. Genetisch untersucht wurden dabei drei isolierte, aber räumlich dicht benachbarte Tannentrupps (mit jeweils 5 bis 21 Altannen und einer Distanz zwischen Trupps von ca. 30–60 m) und davon abstammende Naturverjüngung in einem Fichten-Buchen-Tannenmischbestand im Kranzberger Forst (BaySF, Forstbetrieb Freising). Im Vordergrund der Untersuchung stand die Frage, ob zwischen den Tannentrupps als potenzielle Eltern der Naturverjüngung ein Genfluss (Austausch genetischer Information) möglich und nachweisbar ist. Ein hoher Genfluss zwischen den isolierten Trupps würde sich günstig auf die genetische Anpassungsfähigkeit auswirken, geringer Genfluss hingegen birgt die Gefahr des Verlusts an genetischer Anpassungsfähigkeit. Für die genetische Untersuchung wurden alle Altannen der Trupps und eine Stichprobe von je 50 Jungpflanzen pro Trupp mit sog. DNA-Mikrosatelliten analysiert. Die Ergebnisse der Elternschaftsanalyse zeigen, dass es einen gewissen genetischen Austausch zwischen den Tannengruppen gibt. Dieser wird weitgehend bestimmt von der Hauptwindrichtung: Genfluss von West nach Ost findet häufiger statt als von Ost nach West. Der Großteil der genetischen Information eines Altannentrupps findet sich jedoch geklumpt in der Verjüngung um die Trupps. So wurden für durchschnittlich 80 % der Jungpflanzen die

Mütter im selben Tannentrupp identifiziert. Hinsichtlich der genetischen Vielfalt weist die Verjüngung in allen drei Trupps einen leicht reduzierten Wert gegenüber den Altannen auf. Von einem signifikanten genetischen Flaschenhals muss aber noch nicht ausgegangen werden.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der genetische Austausch zwischen räumlich eng benachbarten, aber dennoch isolierten Tannentrupps (in diesem Fall überwiegend durch dazwischen stehende Fichten isoliert) erheblich eingeschränkt ist. Dadurch ergeben sich deutliche räumliche Klumpungen genetischer Information mit sog. »Verwandtschaftsstrukturen«, die bekanntermaßen nachteilige Folgen für die genetische Anpassungsfähigkeit der Nachkommen haben können. Für die Praxis wäre es im Hinblick auf die steigende Bedeutung der genetischen Anpassungsfähigkeit im Klimawandel daher empfehlenswert, die Naturverjüngung aus kleinen Einheiten durch Pflanzungen genetisch anzureichern. Eine Verbesserung des Genflusses kann möglicherweise auch durch die Ausnutzung einer räumlichen Anordnung (Windrichtung, Thermik) erfolgen oder durch die Reduktion des »Pollensiebs« durch die Entnahme von Bäumen, die zwischen den isolierten Einheiten stehen. Sinnvoll ist auf jeden Fall, langfristige Verjüngungszeiträume einzuplanen, da jährlich unterschiedliche Blüh- und Fruktifikations-Konstellationen sich positiv auf die Erhaltung und Erhöhung genetischer Variation auswirken können. Für die Einbringung von Tannenvorbauten bedeuten die Ergebnisse, dass diese nicht zu kleinflächig und/oder räumlich zu isoliert eingebracht werden sollten. Nur so kann gewährleistet werden, dass in der Folgegeneration das genetische System, insbesondere der Genfluss zwischen Individuen als effektive Wirkung gegen genetische Isolation bis hin zu nachteiligen Inzuchteffekten zu einer Erhaltung der genetischen Variation und Anpassungsfähigkeit überhaupt beitragen kann.

Dr. E. Hussendörfer (HSWT), Dr. E. Cremer (AWG), J. Probst (HSWT)



Grafische Darstellung der Elternschaftsanalysen mit der Software »pedigree viewer« in drei Tannengruppen eines Bestandes; rote Linien verbinden Mutterbäume (oben) mit ihren Nachkommen (unten); gelbe Linien verbinden Väter (oben) mit ihrem Nachkommen (unten)

Schnecken im Höhengradienten des Bayerischen Waldes

Meereshöhe und Baumartenzusammensetzung bestimmen Artengemeinschaften

Markus Blaschke und Angela Siemonsmeier

Schnecken sind mit rund 100.000 Spezies die artenreichste Klasse unter den Mollusken. In unseren mitteleuropäischen Wäldern stellen Schnecken eine wichtige ökologische Gruppe dar. Zudem zeigen sie als äußerst sensible Bioindikatoren Veränderungen im Waldökosystem auf. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Bayerischen und Neuburger Wald, das entlang eines Höhengradienten einen Vergleich von Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern einschließt, wurde zehn Jahre nach der ersten Schnecken-Inventur auch eine Wiederholungsaufnahme dieser Artengruppen durchgeführt.

Nachdem bereits im Jahr 2009 ein Höhengradient in acht Naturwaldreservaten (Abbildung 1) des Bayerischen und Neuburger Waldes angelegt und auf den dortigen Flächen sieben unterschiedliche Artengruppen untersucht werden konnten, wurde im Jahr 2019 im Rahmen des Projekts »Höhengradient« eine Wiederholung dieser Aufnahmen durchgeführt. Zudem konnten zu jeder Fläche auch je zwei Vergleichsflächen in bewirtschafteten Wäldern in das Projekt aufgenommen werden. Zu jedem der insgesamt 48 Probekreise in den Naturwaldreservaten wurde eine Vergleichsfläche im Wirtschaftswald mit ähnlicher Baumartenzusammensetzung und eine weitere Fläche mit einem erhöhten Nadelholz-

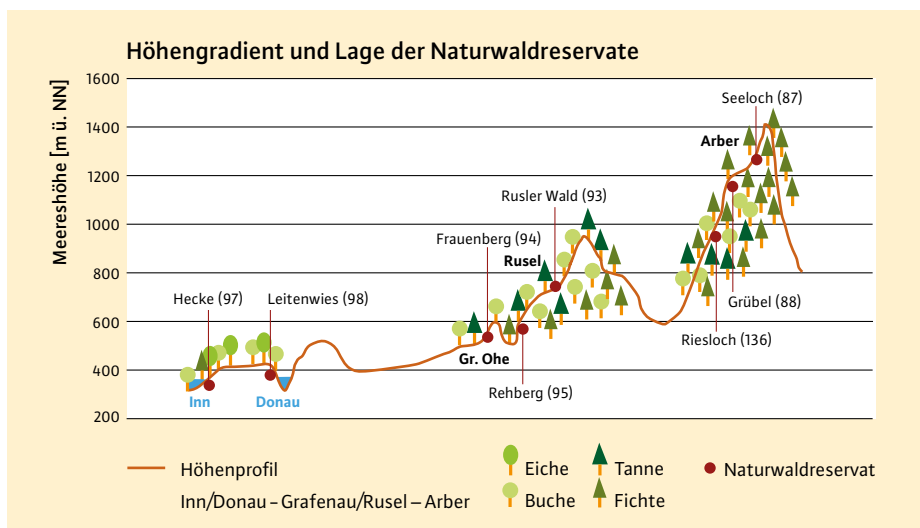
anteil (i.d.R. Fichte, teilweise Tanne) mit einbezogen. In den Hochlagen des Bayerischen Waldes, wo die Naturwaldreservatsflächen bereits durch fast reine Fichtenbestände geprägt waren, wurde neben Vergleichsflächen mit ähnlicher Baumartenzusammensetzung je eine Vergleichsfläche mit einer Beimischung von Laubholz in das Projekt aufgenommen. Somit ergaben sich für jeden Punkt in einem Naturwaldreservat ein Punkt im Wirtschaftswald mit dominierender Laubholzkomponente und ein Punkt mit höheren Nadelholzanteilen. Insgesamt umfasst der Höhengradient Flächen am Inn in einer Höhe von 320 m ü.NN bis zu den Probeflächen am Arber-Gipfel auf circa 1.400 m ü.NN.



2 Der Schwarze Schnegel (*Limax cinereoniger*) gehörte zu den häufigsten Schneckenarten im Höhengradienten und tritt vermehrt in den laubholzbetonten Wäldern auf. Foto: M. Blaschke, LWF

Artenzahlen im Vergleich mit nationalen und internationalen Untersuchungen

Die Schnecken wurden wie bereits 2009 in einer jeweils 30-minütigen Begehung der insgesamt 144 Probepunkte im Herbst 2019 erfasst. Dabei wurden insbesondere Strukturen wie Felsen, Totholzstücke, Pilzfruchtkörper usw. abgesucht, an denen sich Schnecken bevorzugt aufhalten. Insgesamt wurden 36 Arten auf den Flächen nachgewiesen. In den einzelnen Untersuchungsgebieten um ein Reservat mit 18 Probepunkten schwankte die Artenzahl zwischen drei Arten in den Hochlagen um den Arber (etwa 950–1.250 m ü.NN) und bis zu 23 Arten im Gebiet um das Naturwaldreservat Frauenberg (ca. 460–650 m ü.NN) in der Nähe von Grafenau. Eine ähnliche Tendenz einer mit der Höhe abnehmenden Artenzahl konnten auch Auvry et al. (2005) und Albano et al.



1 Schematische Darstellung des Höhengradienten Grafik LWF (aus: Siemonsmeier et al. 2019)

3 Die Rote Wegschnecke (*Arion rufus*) besiedelt nur Wälder in den unteren Höhenlagen in der Nähe von Donau bzw. Inn. Foto: M. Blaschke, LWF



(2014) in zwei Höhengradienten südlich der Alpen beobachten. Aber auch für die Alpen bestätigte Hausdorf (2006) eine solche Situation mit einer maximalen Artenvielfalt zwischen 300 und 500 m ü.NN. Die am weitesten verbreiteten Arten im Bayerischen Wald waren der Schwarze Schnegel (*Limax cinereoniger*) (Abbildung 2), der Artenkomplex der Braunen Wegschnecke (*Arion fuscus/subfuscus*) (Boschi 2011) und eine kleinere Gehäuse-schnecke, die Glatte Schließmundschnecke (*Cochlodina laminata*). Die im Flachland weit verbreitete Rote Wegschnecke (*Arion rufus*) (Abbildung 3) war nur in den Wäldern der unteren Höhenlagen in der Nähe von Donau und Inn nachzuweisen. Wohl durch die extreme Trockenheit während des Sommers bis in den Herbst 2019 waren die Artenzahlen geringer als bei der Begehung 2009 und auch geringer als in ähnlichen Untersuchungen in der Rhön (Gerlach & Colling 2018) und im Nationalpark Bayerischer Wald (Rieger et al. 2010). Im Vergleich zur Rhön ist dies auch der besseren Nährstoffversorgung dort geschuldet.

4 Artenzahlen und Nachweiszahlen für die Schnecken a) in den verschiedenen untersuchten Regionen (n = 18) und b) für die drei Nutzungsformen (n = 48). Interpolierte Linien repräsentieren tatsächliche Nachweise, extrapolierte Linien zeigen an, wie sich die Artenzahlen infolge höherer Nachweiszahlen entwickeln würden, wenn man längere Zeit auf den Flächen suchen oder mehr Flächen an einem Standort untersuchen würde.

Schnecken-Monitoring

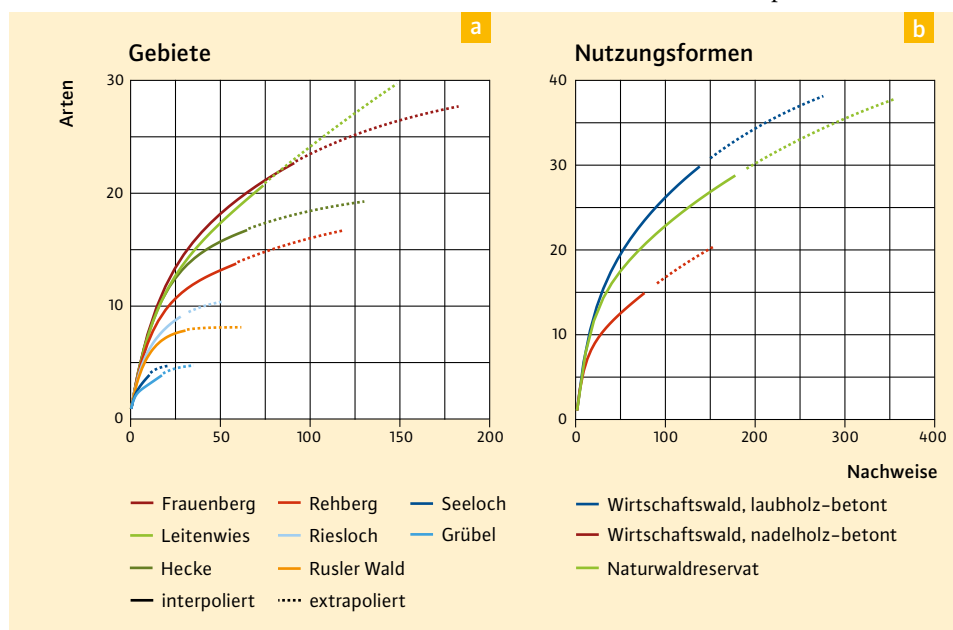
Betrachtet man die Verteilung der Nachweise auf den Probekreisen und die Artenhäufigkeiten, so zeigt sich, dass die Hochlagen sowohl hinsichtlich der Einzelnachweise wie auch der Artenzahlen abfallen und gerade die Lagen bis 600 m Meereshöhe deutlich schneckenfreundlicher erscheinen (Abbildung 4a). Ein wichtiger dafür verantwortlicher Parameter zeigt sich auch bei einem Vergleich zwischen den Nachweisen und der Artenausstattung der verschiedenen Nutzungsformen (Abbildung 4b). Es sind die nadelholzreicheren Waldbestände, die deutlich weniger Vielfalt bei den Schnecken zeigen. Zu einem analogen Ergebnis kommen Studien in der Rhön (Gerlach & Colling 2018), wo alte, laubholzreiche Prozessschutzflächen sich in der Arten-

zusammensetzung deutlich von nadelholzreicheren Beständen unterscheiden. Dagegen waren die Unterschiede zwischen den bewirtschafteten laubholzgeprägten Wäldern und den Naturwaldreservaten im Bayerischen Wald über alle Probeflächen betrachtet nur sehr gering. Im Nationalpark Bayerischer Wald wurden in Urwaldresten deutlich mehr Arten als in bewirtschafteten Flächen gefunden (Rieger et al. 2010).

Ähnlichkeitsanalysen

Ähnlichkeitsanalysen wie die Detrended Correspondence Analyse (DCA) (Abbildung 5) machen es möglich, Artenzusammensetzungen auf den Probeflächen untereinander zu vergleichen und die Ergebnisse in grafischer Form zusammenzufassen. So werden Probeflächen mit ähnlichen Artenzusammensetzungen immer in unmittelbarer Nähe auf dem zweidimensionalen Feld angezeigt, während Flächen mit deutlich unterschiedlichen Artenzusammensetzungen auf gegenüberliegenden Seiten zu liegen kommen. Darüber hinaus können anschließend ökologische Parameter mit der Artenausstattung verschnitten und bei höherer Signifikanz ebenfalls grafisch (hier als Pfeile) dargestellt werden.

Bei den Schnecken im Höhengradienten zeigte sich auf der ersten, horizontalen Achse von links nach rechts eine Anordnung, die in erster Linie mit der Meereshöhe bzw. der Jahresdurchschnittstemperatur auf den Flächen zusammenhängt. Auf der zweiten, vertikalen Achse stellen sich insbesondere Bodenparameter dar.



Entlang dieser Achse nehmen die felsigen bzw. grobkörnigeren Böden nach oben hin zu, dagegen sind die Flächen mit feuchteren und feinkörnigeren Böden im unteren Bereich angeordnet. Weiterhin ordnen sich die Flächen noch nach zunehmendem Anteil der Fichte im Oberbestand an, verdeutlicht durch einen Pfeil zwischen den Achsen, der auf einer Seite wie zu erwarten zu einer höheren Meereshöhe und zum anderen zu feuchteren Böden tendiert. Die Artenzusammensetzungen der einzelnen Nutzungsformen überschneiden sich in weiten Teilen. Erst eine genaue Betrachtung der Daten macht deutlich, dass die höheren Nadelholzanteile eine Verschiebung der Artenzusammensetzung in Richtung einer höheren Meereshöhe ergeben.

Die Ergebnisse der wichtigsten ökologischen Parameter für die Schnecken ähneln Daten aus Frankreich für Untersuchungen auf Weideland. Auch hier wird die erste Achse von der Höhenlage, die zweite Achse durch Felsen geprägt (Labaune & Magnin 2002). Weiterhin bestätigen auch die Ergebnisse aus dem Nationalpark Bayerischer Wald die Parameter Höhenlage, Wasserhaushalt und Baumartenzusammensetzung als entscheidende Treiber für die Artenzusammensetzung der Schneckengemeinschaften (Rieger et al. 2010).

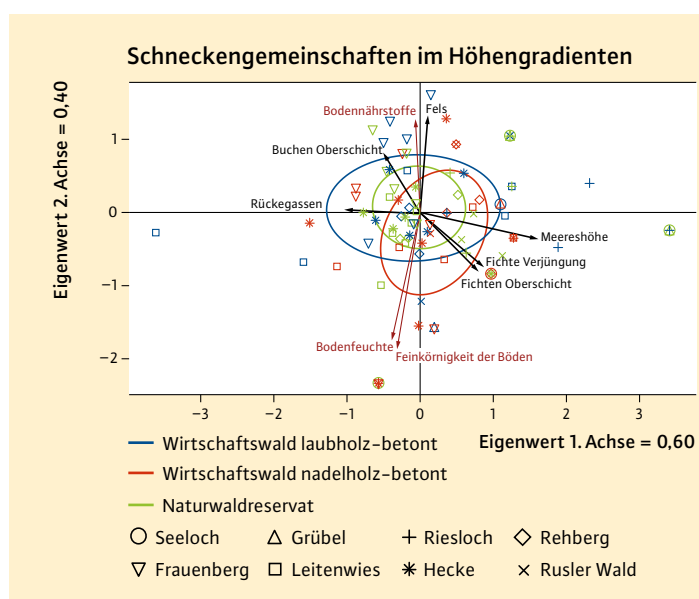
Antreffenswahrscheinlichkeiten

Betrachtet man die Wahrscheinlichkeiten für das Antreffen einzelner häufigerer Arten zum einen in den Naturwaldreservaten im Vergleich von 2019 zu 2009 und zum anderen zwischen den Nutzungsformen, so zeigen sich einige Besonderheiten (Abbildung 6).

War der Artkomplex um die Waldwegschnecke (*Arion silvaticus* agg.) 2009 nur bis in Höhenlagen von 600 m ü. NN zu finden, trat er 2019 auch in Lagen über 800 m Meereshöhe häufiger auf. Es scheint sogar, dass sie in den nadelwaldbetonten Beständen ihren Schwerpunkt der Verbreitung in etwas höheren Lagen hat.

Auch bei der Glatten Schließmundschnecke (*Cochlodina laminata*) wird eine Verschiebung in den Reservaten nach oben sichtbar. Noch deutlicher ist diese Verschiebung bei der Gefältnen Schließmundschnecke (*Macrogastra plicatula*).

5 Ähnlichkeitsanalyse der Artenzusammensetzungen der Schnecken auf den Probeflächen in Form einer DCA (Detrended Correspondence Analyse) für die Aufnahmen 2019



Bei der Rötlichen Laubschnecke (*Moenachoides incarnatus*) hingegen ist eine Höhenverschiebung nicht zu erkennen. Dafür wird ihre Vorliebe für laubbaumreiche Bestände verdeutlicht.

Insgesamt konnte bei sechs von elf analysierten Arten eine Verschiebung in höhere Lagen beobachtet werden. Bei zwei Arten erscheint es so, als würden die Schnecken nicht mehr ganz die Höhenverbreitung von 2009 erreichen. Bei den übrigen drei Arten war keine Veränderung bzw. eine Verteilung über den ganzen Gradienten auszumachen.

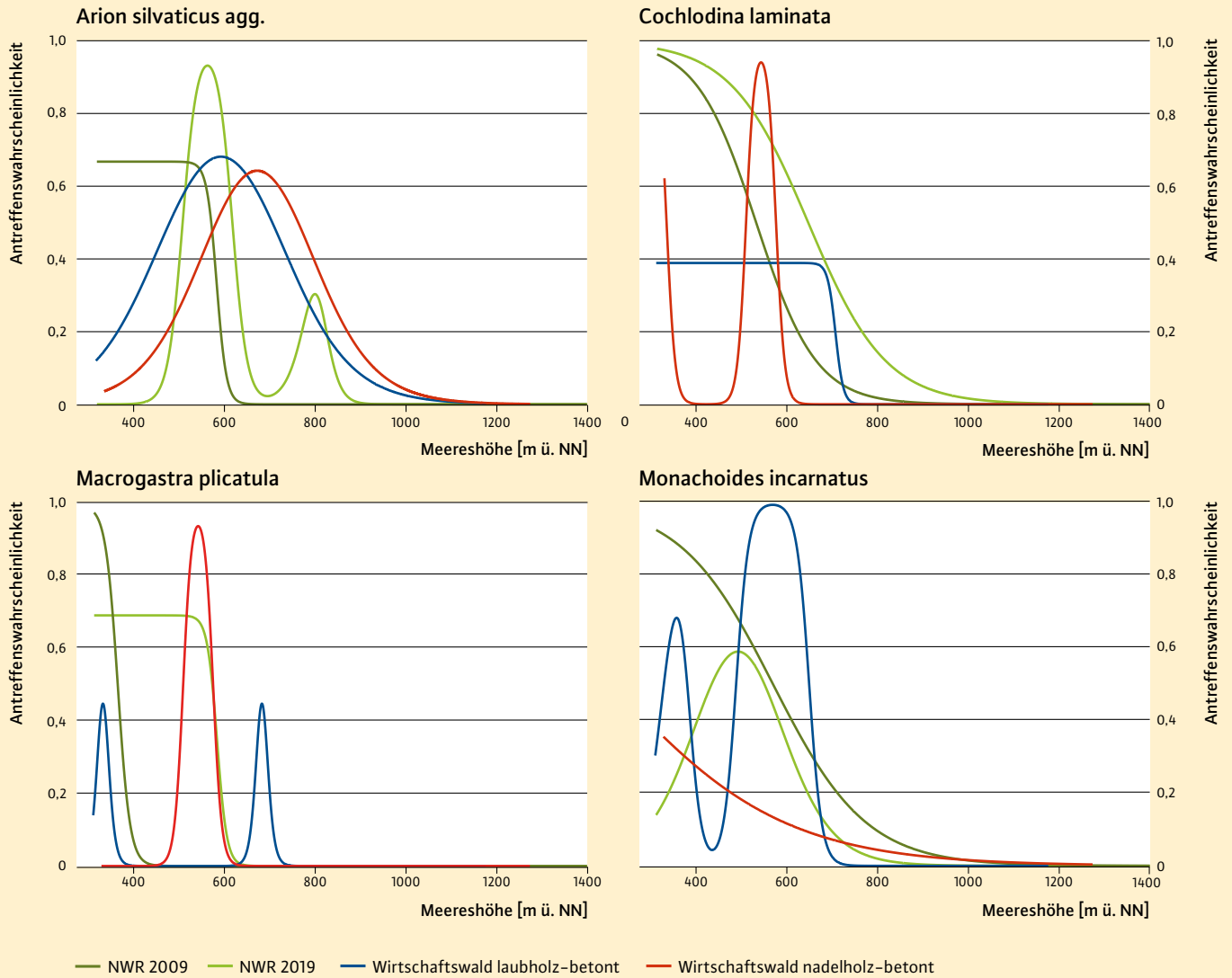
Schnecken, bei denen mit zunehmendem Nadelholzanteil die Wahrscheinlichkeit zurückgeht, diese aufzufinden, waren neben der Rötlichen Laubholzschnecke auch die Gefleckte Schüsselschnecke (*Discus rotundatus*), die Bauchige Schließmundschnecke (*Macrogastra ventricosa*) und die Maskenschnecke (*Isogonomostoma isogonomostomos*).

Schlussfolgerung

Der Vergleich der Schneckendaten über einen Zeitraum von nur zehn Jahren macht deutlich, dass eine Ausbreitung einzelner Arten im Rahmen des Klimawandels in höhere Lagen bereits angedeutet sichtbar ist. Auch die enge Beziehung zwischen der Artenzusammensetzung und der Höhenlage unterstreicht die Abhängigkeit der Artareale von den klimatischen Bedingungen. Auf der anderen Seite zeigt sich, dass durch eine Beimischung von Laubholz die Auswirkungen von Witterungs- und Klimaeinflüssen auf die Artengemeinschaften etwas gepuffert werden können.

Im Rahmen dieser Untersuchungen zeigte sich eine Schwierigkeit bei der Erfassung in Form geringer Individuenzahlen durch die extreme Trockenheit im Untersuchungsjahr 2019. Diese war selbst in den Hochlagen des Bayerischen Waldes besonders ausgeprägt. Die durch den Klimawandel verursachte Zunahme von Dürreperioden dürfte eine Anpassung der Erfassungsmodi, sowohl der Kartierungszeitpunkte als auch der Anzahl an Wiederholungen, für einige Artengruppen notwendig machen, die sensitiv auf zurückgehende Niederschläge und/oder steigende Durchschnittstemperaturen reagieren.

Die Schnecken gehören zu den wissenschaftlich bislang eher stiefmütterlich behandelten Artengruppen und werden daher auch als »forgotten species« bezeichnet. So werden sie zum Beispiel im Rahmen von Natura 2000 nur mit wenigen Arten berücksichtigt. Als einzige Art des Laubwaldes ist hier die Weinbergschnecke im Anhang V gelistet. Im Projekt zeigen die Schnecken aber durchaus eine Bindung an ökologische Parameter und können somit als Zeigerarten für Veränderungen in Waldökosystemen herangezogen werden. Von Vorteil ist auch die an sich gute Erfassungsmöglichkeit der Arten, sodass der Einbindung dieser klimasensiblen Artengruppe in Monitoring-Programme zur Biodiversität von Waldökosystemen, insbesondere mit einem Fokus auf die Auswirkungen des Klimawandels, nichts entgegensteht.



6 Antreffenswahrscheinlichkeiten einzelner Schneckenarten im Höhengradienten in Abhängigkeit von der Meereshöhe

Zusammenfassung

Nach dem Schnecken-Monitoring entlang eines Höhengradienten im Bayerischen Wald aus dem Jahr 2009 wurde im Herbst 2019 eine erste Wiederholungsaufnahme durchgeführt. Es zeigte sich, dass sich die Klimaerwärmung bereits innerhalb eines Jahrzehnts auf die Artenzahlen und die Artvorkommen der vielfach klimasensiblen Schneckenfauna auswirkte. Wärmeliebende Schneckenarten wanderten durchaus um 200 Höhenmeter weiter nach oben. Auch zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Artenzahlen in Abhängigkeit der Art der Waldbewirtschaftung.

Literatur

Albano, P.G.; D'occhio, P.; Strazzari, G.; Succetti, F.; Sabelli, B. (2014): Land-mollusc forest communities along an altitudinal transect in Northern Italy. *Journal of Molluscan Studies*, 80: S. 55–61

Aubry, S.; Magnin, F.; Bonnet, V.; Preece, R.C. (2005): Multi-scale altitudinal patterns in species richness of land snail communities in south-eastern France. *Journal of Biogeography*, 32: S. 985–998

Boschi, C. (2011): Die Schneckenfauna der Schweiz. Haupt-Verlag, Bern-Stuttgart-Wien, 624 S.

Gerlach, T.; Colling, M. (2018): Die Weichtierfauna in Kernzonen des UNESCO-Biosphärenreservats Rhön und die Bedeutung der Naturnähe dieser Waldlebensräume. *Mitt. Dtsch. malakozool. Ges.* 99: S. 21–28

Hausdorf, B. (2006): Latitudinal and altitudinal diversity patterns and Rapoport effects in north-west European land snails and their causes. *Biological Journal of the Linnean Society*, 87(2), 309–323

Labauve, C.; Magnin, F. (2002): Pastoral management vs. land abandonment in Mediterranean uplands: Impact on land snail communities. *Global Ecology & Biogeography*, 11: S. 237–245

Rieger, A.; Schmidberger, G.; Stelz, V.; Müller, J.; Strätz, C. (2010): Ökologische Analyse der Molluskenfauna im Nationalpark Bayerischer Wald. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*, 9: S. 65–78

Siemonsmeier, A.; Blaschke, M.; Förster, B. (2019): Waldstrukturen im Höhengradienten. *LWF aktuell* 121, S. 58–62

Autoren

Markus Blaschke bearbeitet in der Abteilung »Biodiversität, Naturschutz, Jagd« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) den Bereich Naturwaldforschung. Angela Siemonsmeier ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in dieser Abteilung.

Kontakt: Markus.Blaschke@lwf.bayern.de

Projekt

Das Projekt »Höhengradient« wird vom Waldklimafonds durch Mittel des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit finanziert.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Forstverwaltung »meets« Jugendverbände

Bayerns Forstverwaltung strebt mehr Waldpädagogik für Jugendliche an

Beate Kohler und Robert Vogl

Jugendliche stehen mit ihren Forderungen für Klimaschutz und soziale Gerechtigkeit derzeit im Fokus der Medien. Die weltweite Bewegung »Fridays for Future« und mehrere hunderttausend Jugendliche, die bis zur Coronapandemie auf den Straßen für mehr Klimaschutz demonstrierten, zeigen, wie sehr der Wunsch nach einer gerechten und lebenswerten Zukunft Jugendliche bewegt. Jugendliche interessieren sich für Nachhaltigkeitsthemen. Als Entscheidungsträger von morgen sind sie eine wichtige Zielgruppe, der sich die Bayerische Forstverwaltung in Zukunft stärker widmen möchte.



1 Um die Jugendlichen als die Entscheidungsträger von morgen besser zu erreichen, ist eine intensivere Zusammenarbeit der Forstverwaltung mit Jugendverbänden sinnvoll. Foto: R. Nützel, BN München

Dominierende Zielgruppe der forstlichen Bildungsarbeit in Bayern sind bislang Grundschul Kinder der Klassenstufen 3 und 4. In der aktuellen Richtlinie zur Waldpädagogik der Bayerischen Forstverwaltung werden jedoch auch Schüler weiterführender Schulen, Kinder der Elementarstufe, Kinder und Jugendliche aus dem außerschulischen Bereich sowie Multiplikatoren als wichtige Zielgruppen forstlicher Bildungsarbeit angeführt (StMELF 2017). Die Bayerische Forstverwaltung strebt daher eine gezielte Erweiterung der Zielgruppen an.

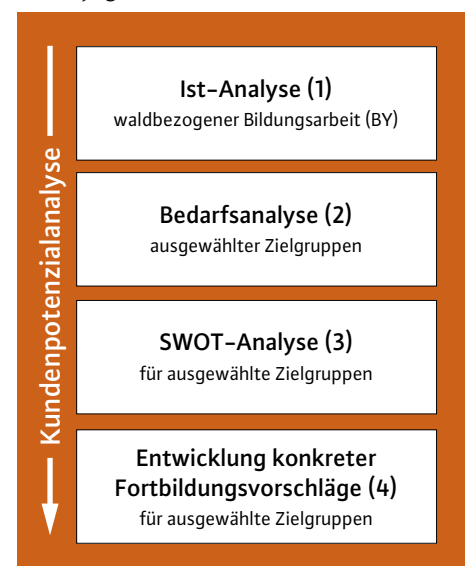
Die Aus- und Fortbildung von Multiplikatoren erscheint aufgrund seiner Effizienz und der zu erwartenden großen Reichweite als ein besonders vielversprechender Ansatz. Hierzu erfolgte im Rahmen eines Projekts der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) eine umfassende Kundenpotenzialanalyse. Ziel dieser Untersuchung war es, das bereits bestehende Angebot sowie die Bedürfnisse und Wünsche potenzieller Zielgruppen zu erfassen. Im Fokus der Untersuchung standen Multiplikatoren in den vier Bereichen »Jugendarbeit in Verbänden«, »weiterführende Schulen«, »Kita« und »Gesundheitswesen«.

Untersuchungsaufbau

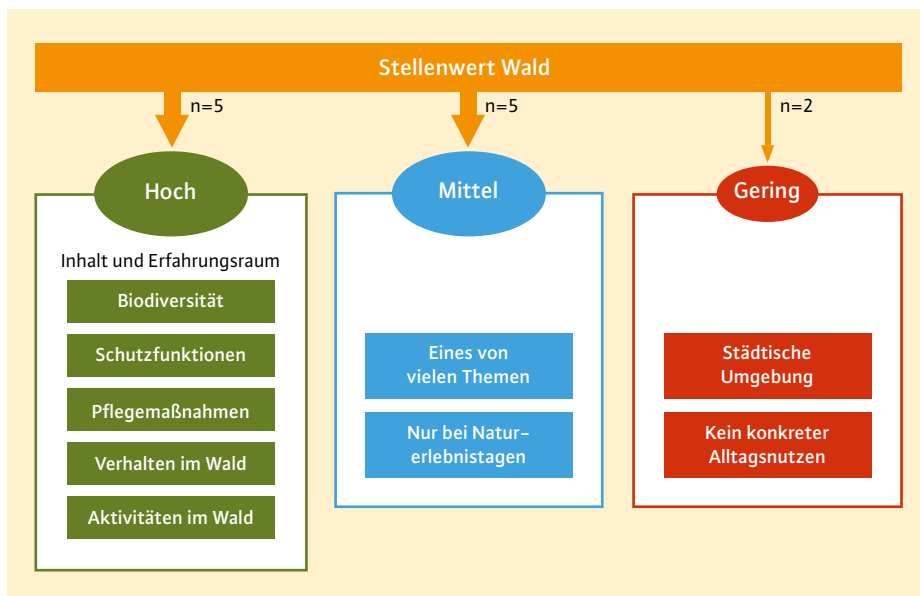
Der in Abbildung 2 dargestellte Untersuchungsablauf zeigt die vier aufeinander aufbauenden Schritte. Zunächst erfolgte eine *Ist-Analyse* (1). Diese setzte sich aus einer Befragung der bayerischen Walderlebniszentren und Nationalparkeinrichtungen sowie einer umfassenden Internet- und Medienrecherche zusammen, bei der bayernweit Fort- und Weiterbildungen unterschiedlichster Anbieter im Bereich der natur- und waldbezogenen Bildungsarbeit analysiert wurden. Hierbei wurden mehr als 600 Datenbanken und Institutionen berücksichtigt.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurden in einem Expertendialog mit dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) die o.g. vier Multiplikatorengruppen für die *Bedarfsanalyse* (2) identifiziert. Die Analyse erfolgte im Rahmen von 68 Telefoninterviews. Durch die Zusammenführung der Ergebnisse von Ist- und Bedarfsanalyse konnten erste Gelingensbedingungen für erfolgreiche, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebote im Feld der waldbezogenen Bildungsarbeit identifiziert werden.

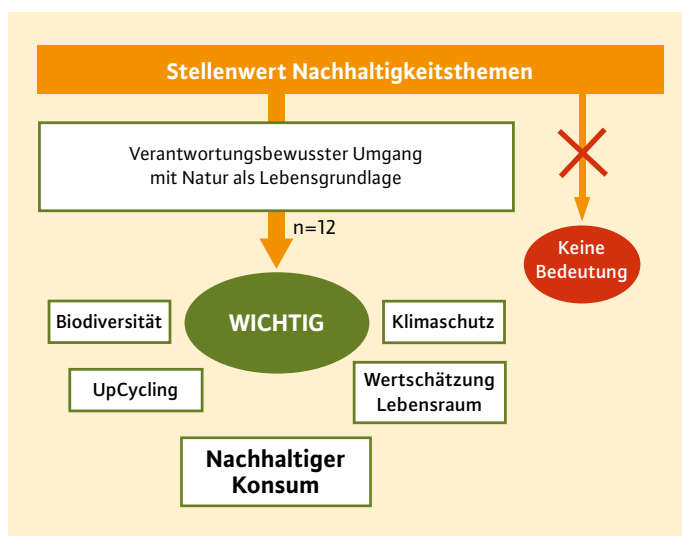
Hierauf aufbauend erfolgte eine *Stärken-Schwächen-Analyse (SWOT-Analyse)* (3) der gegenwärtigen forstlichen Bildungsarbeit in Bayern, mit dem Ziel, die Potenziale der o.g. Zielgruppen zu analysieren und eine Priorisierung der Zielgruppen für das weitere Vorgehen im Projekt vorzunehmen. Ergebnis dieses Prozesses war ein eindeutiger Fokus auf Multiplikatoren, die mit Jugendlichen arbeiten, konkret »Jugendarbeit in Verbänden« sowie



2 Untersuchungsablauf



3 Stellenwert von »Wald« in der Jugendarbeit der Verbände



4 Stellenwert von Nachhaltigkeitsthemen in der Jugendarbeit der Verbände. Die Schriftgröße korreliert mit der Häufigkeit der Nennung.

»LehrerInnen weiterführender Schulen«. Für beide Zielgruppen wurden *Vorschläge für erfolgsversprechende Fortbildungen* (4) erarbeitet. Der vorliegende Beitrag fokussiert auf die wesentlichen Ergebnisse zur Zielgruppe »Jugendarbeit in Verbänden«. Ergebnisse zur Zielgruppe »LehrerInnen weiterführender Schulen« werden in der AFZ/DerWald 2020 publiziert.

Aktuelles Angebot

Von den insgesamt über 600 identifizierten Multiplikatorenangeboten im Bereich waldbezogener Bildungsarbeit in Bayern richten sich lediglich elf Prozent an Jugendliche außerhalb des formalen Bildungswesens. Auffällig ist auch, dass mit zehn Prozent kaum Fortbildungen zu Nachhaltigkeitsthemen angeboten werden, obwohl sich Wald als exemplarisches Ökosystem und Lernort hervorragend für deren anschauliche Vermittlung eignet.

Wald und Nachhaltigkeit in der Jugendarbeit von Verbänden

Die Bedarfsanalyse erfolgte anhand von zwölf Expertengesprächen mit Verbandakteuren (z. B. BildungsreferentInnen, JugendgruppenleiterInnen) aus den Bereichen Naturschutz, Landwirtschaft, Kirche und Soziales sowie Natursport in Bayern.

Die Ergebnisse zeigen, dass Naturerfahrung und Naturbildung in der verbandlichen Jugendarbeit nicht im Vordergrund stehen. Zwei Drittel der Befragten betonen, dass die Jugendlichen eher an umweltpolitischen Themen wie Biodiversität, Klimawandel, Ernährung und Landwirtschaft interessiert seien und diese Inhalte zum Beispiel über Kampagnen und Aktionen in die Bevölkerung trügen. Speziell nach dem Stellenwert von »Wald« gefragt, zeigt sich jedoch, dass »Wald« bei einem Großteil der befragten Verbän-

de ein mittlerer bis hoher Stellenwert in der Jugendarbeit zukommt (Abbildung 3). Verbände, die dem Wald einen hohen Stellenwert einräumen, thematisieren Inhalte wie die Biodiversität in Wäldern, die Schutzfunktion sowie das Verhalten im Wald. Darüber hinaus begegnen die Jugendlichen Wald im Rahmen von Waldpflegeeinsätzen oder durch Aktivitäten wie Exkursionen oder Zeltlager. Einzelne Verbände kooperieren dabei mit Partnern aus den Bereichen Forst und Naturschutz.

Nur wenige Befragte geben an, dass Wald überhaupt keine Rolle in ihrer Jugendarbeit spielt. Den geringen Stellenwert begründen sie mit einer überwiegend städtischen Umgebung sowie dem geringen Alltagsbezug des Themas.

Abbildung 4 zeigt, dass Themen der »Nachhaltigkeit« ein deutlich höherer Stellenwert zugesprochen wird als dem »Wald«. Dominierend ist dabei »Nachhaltiger Konsum« am Beispiel von Ernährung, Plastikmüll oder Textilverbrauch. Weitere Themen sind Biodiversität, Klimaschutz, Upcycling oder die Wertschätzung von Lebensräumen.

Interesse an Fortbildungen

Das Interesse an Fortbildungen für JugendgruppenleiterInnen im Bereich waldbezogener Bildungsarbeit wird von allen Befragten hoch eingestuft. Der Fokus dieser Fortbildungen sollte auf Nachhaltigkeitsthemen wie zum Beispiel nachhaltiger Konsum oder die wechselseitige Beziehung von Natur/Wald und Mensch liegen (Abbildung 5). Darüber hinaus sind beispielsweise Artenkenntnisse, Kenntnisse zur Verwertung von Wildpflanzen, Naturerfahrungsansätze sowie Wissen zu Wald und Forstwirtschaft in Bayern von Interesse.

Fortbildungen im Rahmen der Verbandsarbeit sollen nicht allein zur Wissensvermittlung dienen, sondern auch zur Förderung des Gruppengefühls, der internen Vernetzung sowie als Wertschätzung der ehrenamtlich tätigen GruppenleiterInnen (da die Kosten weitgehend vom Verband übernommen werden). Rahmenbedingungen, die dies ermöglichen, sind eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Veranstaltungen.

Die Fortbildungen sollten ein- bis zweitägig sein, am Wochenende stattfinden und in einem Radius von 1–2 Std. Anfahrtszeit liegen. Die Kostenbeiträge für die Jugend-



5 Bedarfsgerechte Fortbildungsinhalte und Rahmenbedingungen für JugendgruppenleiterInnen in Verbänden. Die Schriftgröße korreliert mit der Häufigkeit der Nennung.

gruppenleiterInnen sind mit ca. 15,- €/Tag gering. Der Hauptanteil der Kosten wird von den jeweiligen Verbänden übernommen.

Zusammenarbeit Forst und Jugendverbände

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bedarfsanalyse wurden in einem zweitägigen Workshop Potenziale der Zielgruppe »JugendgruppenleiterInnen« im Rahmen der forstlichen Bildungsarbeit identifiziert.

Chancen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit von Forst und Jugendverbänden wurden in der Authentizität von Forstleuten bei Waldthemen, den gemeinsamen Themenfeldern z.B. Nachhaltigkeit sowie dem beidseitigen Interesse an einer Zusammenarbeit gesehen. Darüber hinaus bieten Kooperationen mit Jugendverbänden forstlichen Akteuren die Möglichkeit, Akzeptanz für forstliches Handeln zu fördern, gleichzeitig aber auch andere gesellschaftliche Sichtweisen kennenzulernen.

Als Schwachpunkt wurde insbesondere die bislang vergleichsweise geringen Erfahrungen forstlicher Bildungsakteure im Umgang mit Jugendlichen und Verbänden und eine mögliche Zurückhaltung gegenüber der anspruchsvolleren Zielgruppe Jugendliche herausgearbeitet. In einem zweiten Workshop, an dem Vertreter der Forstverwaltung und verschiedener Jugendverbände teilnahmen, wurden die Bedürfnisse und Interessen bei-

der Seiten konkretisiert. Hierbei zeigte sich, dass forstliche Akteure in dieser Zusammenarbeit »neue Wege« begehen wollen, um den Stellenwert der Umweltbildung zu stärken und durch diese Allianzen stärker wahrgenommen zu werden. Inhaltlich sehen sie deutliches Potenzial in der Verknüpfung forstlicher Themen mit Schlüsselthemen nachhaltiger Entwicklung.

Die Akteure von Verbandsseite bewerten die Kompetenz und Expertise forstlicher Akteure zum Thema Wald positiv und sehen eine Bildungschance in möglichen Widersprüchen und Interessenskonflikten (z.B. zwischen Naturschutz und Forst). Wesentlich ist für sie jedoch, dass das spezifische Verbandsleitbild berücksichtigt bzw. bei einer intensiven Zusammenarbeit sogar »im Vordergrund« steht. Es wurden zwei Arten einer möglichen Zusammenarbeit unterschieden:

- Forstliche Bildungsarbeit als externe Dienstleistung für Verbände
- Kooperatives, gemeinsames Angebot von forstlichen Akteuren und Verbänden

Beide Formen der Zusammenarbeit könnten zum Beispiel über die in Bayern geplante Akademie »Wald und Gesellschaft« als »Anlaufstelle für Verbände« angeboten werden. Dabei wurde das externe Angebot als »Standbein« und die Etablierung eines gemeinsamen Angebotes als »Spielbein« bezeichnet. Das Vorhandensein einer Anlaufstelle wurde von Verbandsseite als wichtige Voraussetzung

für eine erfolgreiche Zusammenarbeit gewertet, da diese »Halt und Konstanz« (Zitat) in den meist ehrenamtlichen und damit schwer greifbaren Verbandsstrukturen geben kann. Darüber hinaus erscheint eine entsprechende Infrastruktur im Wald für den Erfolg von Angeboten wesentlich. Konkret angedacht wurde ein Seminarhaus mit zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten.

Zusammenfassung

Eine längerfristige Zusammenarbeit mit Jugendverbänden bietet Jugendlichen die Möglichkeit, Wald auf unterschiedlichste Art und Weise zu erfahren und am Beispiel Wald Zusammenhänge nachhaltiger Entwicklung sowie die Bedeutung nachhaltiger Forstwirtschaft zu erkennen. Dieses Vorgehen erscheint besonders erfolgsversprechend, da Jugendarbeit in Verbänden außerhalb des formalen Bildungswesens erfolgt und im Gegensatz zum schulischen Lernen freiwillig und intrinsisch motiviert ist. Mit den JugendgruppenleiterInnen verfügen Verbände über ebenso interessante wie bislang weitgehend unerreichte Multiplikatoren. Gleichzeitig könnten aber unterschiedlichste und oft schwer greifbare Verbandsstrukturen eine Zusammenarbeit mit Jugendverbänden schwierig gestalten. Die vorliegenden Projektergebnisse stellen eine Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit Jugendverbänden dar. Sie bieten die Chance eines erweiterten Dialogs zwischen Forst und Verbänden und die Möglichkeit, Jugendliche als Entscheidungsträger von morgen zu erreichen.

Die aktuellen Medienberichte zu den weltweiten Klimademonstrationen machen deutlich, dass Jugendliche bereit sind, ihre Zukunft in die Hand zu nehmen. Jetzt bietet sich den Forstleuten die Chance, das Angebot der Jugendlichen, ihre Ideen und Fähigkeiten in die Gesellschaft einzubringen, gezielt aufzugreifen und damit als moderne Dialogpartner in Erscheinung zu treten.

Literatur

StMELF – Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2017): Richtlinie Waldpädagogik in der Bayerischen Forstverwaltung vom 08. November 2017, Az.: F5-7840-1/327

Autoren

Dr. Beate Kohler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachbereich »Wald und Forstwirtschaft« an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt in der Kommunikation und Bildung zu Natur- und Nachhaltigkeitsthemen.

Robert Vogl ist Professor für Kommunikation und Bildungsarbeit an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Er ist Leiter des vorgestellten Projekts. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung und Evaluierung von Bildungsmaterialien und -konzepten.

Kontakt: robert.vogl@hswt.de, beate.kohler@concept-futur.de

Projekt

Das Projekt »Waldbezogene Bildungsarbeit für Multiplikatoren – Kundenpotenzialanalyse für Bayern (ST 342)«, gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, wurde vom 1.9.2018 bis 30.11.2019 an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf durchgeführt. Projektleitung: Prof. Robert Vogl. Projektbearbeitung: Dr. Beate Kohler.

Link

<https://forschung.hswt.de/forschungsprojekt/1308-waldbezogene-bildungsarbeit-fur-multiplikatoren-kundenpotenzialanalyse-fur-bayern>



1 Das Wohlriechende Veilchen (*Viola odorata*).

Foto: J. Hlasek

»Tierische« Geheimnisse in der Welt der Veilchen

Immer wieder erstaunt uns die Natur mit großen kleinen Überraschungen

Olaf Schmidt

Veilchen mit ihrer typischen blauen Blüte kennt wohl jeder und gerade im Frühjahr freuen sich alle über blühende Veilchen im Garten oder in der freien Natur. Wobei nur das »Wohlriechende Veilchen« den so sprichwörtlichen Veilchenduft entsendet. Aber hinter dem kleinen, unscheinbaren Veilchen verstecken sich noch höchst interessante biologische Vorgänge, eben »tierische Geheimnisse«.

In Mitteleuropa kommt eine große Anzahl verschiedener Veilchenarten vor – allein in Deutschland etwa 30 Arten –, die auch miteinander hybridisieren und deren Bestimmung auch für Fachleute nicht immer ganz einfach ist. In Wäldern ist das Waldveilchen (*Viola reichenbachiana*) weit verbreitet und am häufigsten anzutreffen. Das berühmte Wohlriechende oder Märzveilchen (*Viola odorata*) kommt häufig in Auen und an Bachufern vor und ist wohl aus Gärten in unserer Natur verwildert.

Veilchen und Schmetterlinge

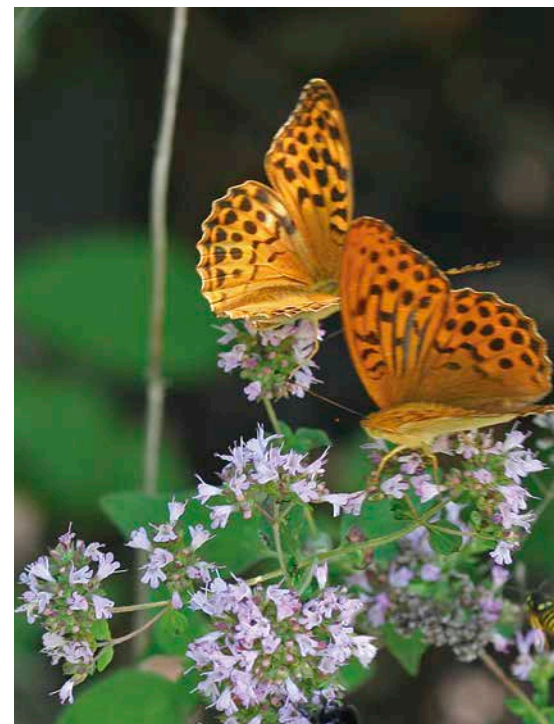
So bekannt auch Veilchen an sich sind, ist den meisten jedoch unbekannt, dass unsere Veilchen- und Stiefmütterchenarten der Gattung *Viola* ganz wichtige Raupenfutterpflanzen für eine Vielzahl von Schmetterlingen darstellen. Beispielhaft seien einige dieser Arten aus der Gruppe der Perlmutterfalter genannt: Kaisermantel (*Argynnis paphia*), Großer Perlmutterfalter (*Mesoacidalia aglaja*), Feuriger Perlmutterfalter (*Fabriciana adippe*), Mittlerer Perlmutterfalter (*Fabriciana niobe*), Kleiner Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*).



2 Die Raupe des Kaisermantels benötigt für ihre Entwicklung die Blätter der Veilchen, während die Schmetterlinge gerne gesellig an geeigneten Saugpflanzen trinken. Fotos: W. Schön; schmetterling-raupe.de

Veilchen – wichtige Raupenfutterpflanze

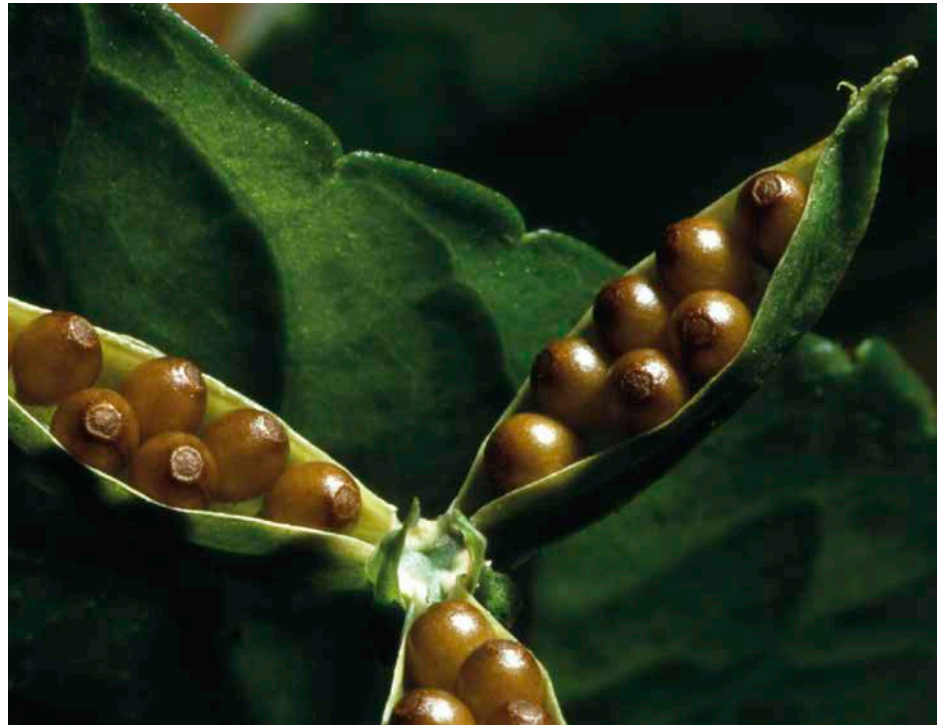
Als Beispiel für die Nutzung der Veilchen als Raupenfutterpflanze sei das Eiablageverhalten des Kaisermantels beschrieben. Die Weibchen des Kaisermantels führen in den Wäldern typische Suchflüge, meist in der Mittagszeit und in den frühen Nachmittagsstunden, durch. Die Weibchen suchen niedrig über der Bodenvegetation oder wandern »zu Fuß« über die Blätter und prüfen auf der Suche nach Veilchen die Vegetationsdecke. Die Eiablage selbst erfolgt nicht direkt an der Raupenfutterpflanze, sondern am nächststehenden Baumstamm, wo das Weibchen die Eier einzeln hinter Rindenschuppen postiert. Nach circa 18/19 Tagen schlüpfen die Räumchen, die sich am Stamm einen Überwinterungsplatz suchen. Erst im darauffolgenden Frühjahr wandern die Raupen zu den Futterpflanzen am Boden, wo sie ab Mitte März zu finden sind (Ebert & Rennwald 1991). Die Falter des Kaisermantels erscheinen meist Ende Juni, Anfang Juli. Besonders gerne befliegen sie Wasserdost und Dolddenblütler, die eine wichtige Rolle als Nektarlieferant für den Kaisermantel an Waldwegen oder -rändern spielen. Letzte Falter können im Jahr noch im September beobachtet werden.



3 Junge Frucht zu Beginn der Öffnung und leicht geöffnet (unten); voll geöffnete Frucht, kurz bevor die Samen herausgeschleudert werden (rechts); die Elaiosomen befinden sich unten am Samen und sind daher im Bild nicht zu erkennen. Fotos: R. Junker in: Kutzelnigg (2013)



Dieses Beispiel zeigt sehr schön, welche wichtige Rolle das kleine Veilchen doch für die Ernährung der Raupen verschiedenster Schmetterlinge spielt.



Veilchen und Ameisen

Ebenso relativ unbekannt ist, dass sich alle unsere heimischen Veilchenarten der Hilfe von Ameisen bedienen, um ihre Samen auszubreiten. Die Samen enthalten ein öl- und eiweißhaltiges Anhängsel, das sogenannte Elaiosom, das die Ameisen gerne als Nahrung aufnehmen. Beim Aufsammeln der Samen und vor dem Verzehr dieses Elaiosoms tragen die Ameisen den Samen zu ihrem Nest und verbreiten auf diese Art und Weise die Veilchenarten. Aber nicht nur die Veilchen bedienen sich der Ameisen, sondern weitere rund 150 Pflanzenarten unserer Vegetation sind auf die Ausbreitung durch Ameisen angewiesen, so zum Beispiel Schöllkraut, Perlgras, Lerchensporn, Ehrenpreis, Wachtelweizen, Taubnessel, Günsel und viele andere auch. Die Verbreitung von Pflanzensamen durch Ameisen nennt man Myrmekochorie. Besonders Frühblüher setzen auf diese Art der Ausbreitung (Kirchner 2001).



Kleine Veilchen ganz groß

Die beiden Beispiele, einmal das Veilchen als Raupenfutterpflanze und auf der anderen Seite die Ausbreitung durch Ameisenarten, zeigen wieder sehr anschaulich, wie auch kleine, unscheinbare Pflanzen in ein enges Beziehungsgeflecht im Wald eingewoben sind. Es ist immer faszinierend zu erkennen, wie in der Natur eins mit dem anderen in Verbindung steht und dem noch so Kleinen unter Umständen eine durchaus gewichtige Bedeutung im vernetzten Großen zufallen kann.

Literatur

Ebert, G.; Rennwald, E. (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd.1, Tagfalter I. Eugen Ulmer Verlag, 552 S.

Kirchner, W. (2001): Die Ameisen – Biologie und Verhalten. C.H. Beck, 125 S.

Schmeil/Fitschen (2019): Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. Quelle & Meyer Verlag, 1024 S.

Kutzelnigg, H. (2013): Rekordverdächtige Konvergenzen – Beziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen. Studium Integrale Journal, 20. JG/H. 2, S. 76–83

Autor

Präsident Olaf Schmidt leitet die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

Kontakt: Olaf.Schmidt@lwf.bayern.de

4 Waldveilchen (*Viola reichenbachiana*)

Foto: R. Wisikin, in: Kutzelnigg (2013)



1 Wüchsiger, qualitativ wertvoller Buchenbestand in Erimanthos. Nur 25 km von warm-trockenen Hauptort Xanthi entfernt wachsen diese Buchen in einer Höhe von 1.570 m ü.NN unter günstigen klimatischen Bedingungen, die sich deutlich von den Klimabedingungen in Xanthi unterscheiden.

Foto: R. Schirmer, AWG

Griechische Buchen für Unterfranken?

Bei der Suche nach trockenverträglichen Herkunftsn heimischer Baumarten muss regionales Klima im natürlichen Verbreitungsgebiet besondere Berücksichtigung finden

Randolf Schirmer

Angesichts der Trockenschäden in niederschlagsarmen Gebieten Bayerns rücken Überlegungen zum Anbau von südlichen, an Trockenheit besser angepassten Herkunftsn heimischer Baumarten zunehmend in den Fokus. So wurden im Rahmen einer Exkursion der ANW Bayern die wichtigsten Waldgesellschaften des Rhodopengebirges im warm-trockenen Mazedonien erkundet. Und es zeigt sich wieder einmal: Für das Wachstum unserer Waldbäume sind neben der genetischen Anpassung vor allem die kleinklimatischen und standörtlichen Bedingungen von herausragender Bedeutung.

Im September 2019 führte eine Exkursion der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft (ANW) unter der Leitung von Prof. Manfred Schölch (HSWT Weihenstephan) und Franz Obermeier (BaySF-Betrieb Ruhpolding) in das klimatisch warm-trockene Nordgriechenland, wo unter dem Gesichtspunkt »Suche nach trockenverträglichen Herkunftsn heimischer Baumarten« die wichtigsten Waldgesellschaften des Rhodopengebirges in Ostmazedonien erkundet wurden (Abbildung 2). Herkunftsn von Fichte und Buche dieser Klimaregion, die durch eine dreimonatige Sommertrockenheit gekennzeichnet ist, könnten aufgrund ihrer örtlichen Anpassung künftig besser geeignet sein als bislang bewährte heimische Herkunftsn.

Klimavergleich Kitzingen – Xanthi

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen lohnt sich ein Vergleich örtlicher Klimadaten. Exemplarisch wurden die Wetterdaten der letzten Jahre vom unterfränkischen Kitzingen denen der nordgriechischen Stadt Xanthi gegenübergestellt (Abbildung 3). In beiden Regionen treten vergleichbare Niederschläge auf. Nur im April/Mai und im August sind in Xanthi deutlichere Trockenphasen zu beobachten als in Kitzingen. Die etwa 5°C höheren Jahresmitteltemperaturen in Mazedonien sind vor allem auf die höheren Spätsommer- und Herbsttemperaturen zurückzuführen.

2 Die Rhodopen sind ein stark bewaldetes Gebirge im Süden Bulgariens und im Norden Griechenlands. Es umfaßt eine Fläche von etwa 15.000 km². Der höchste Gipfel der Rhodopen ist der Große Perelik (2.191 m).



	Jahresniederschlag	Sommerniederschlag (Juni – August)	Jahresmittel- temperatur
Kitzingen (188 m ü.NN)	540 mm	163 mm	11,0 °C
Xanthi (81 m ü.NN)	680 mm	146 mm	16,2 °C

3 Vergleich wichtiger Klimadaten für Kitzingen und Xanthi (Zeitraum 2015–2019)

Quellen: Wetterdienst.de sowie regionale Klimaaufzeichnungen der griechischen Forstverwaltung

Aufgrund der ausgeprägten Frühjahrstrockenheit und der hohen Temperaturen zum Ende der Vegetationsperiode dominieren in der Region um Xanthi hartlaubige immergrüne Baumarten wie Olive (*Olea europea*) und Steineiche (*Quercus ilex*) sowie Aleppo- (*Pinus halepensis*) und Kalabrische Kiefer (*Pinus brutia*). Aber nur 25 km nördlich von Xanthi wachsen in den Rhodopen nahe der bulgarischen Grenze ertragreiche Wälder wie in Mitteleuropa: Ab 1.100 m ü.NN stocken Buchenwälder vergleichbar der Bestände im Steigerwald (Abbildung 1). Über 1.400 m ü.NN sind großflächige Fichtenwälder mit Tanne wie im Bayerischen Wald zu finden (Abbildung 4).

Kitzingen ist niederschlagsärmer als die griechischen Rhodopen

Trotz der räumlichen Nähe dieser Fichten- und Buchenwälder zum warm-trockenen Xanthi bedarf es einer genaueren Betrachtung der Klimabedingungen, an die sich diese Wälder angepasst haben. Bekanntlich nehmen Niederschläge mit der Höhenlage deutlich zu und die Temperaturen gleichzeitig ab. Das regionale Klimadatenmodell Euro-Cordex weist für diese Hochlagen der Rhodopen Jahresniederschläge höhenabhängig zwischen 1.000 und 1.300 mm aus. Der Niederschlag entspricht somit dem der Hochlagen des Bayerischen Waldes. Das gleiche Bild zeichnet sich bei den Jahresmitteltemperaturen ab: Sie liegen in den Kammlagen der Rhodopen bei etwa 4 °C. Am Dreisessel im Bayerischen Wald beträgt diese Temperatur 3 °C.

Bei der Suche nach alternativen Fichten- und Buchenherkünften in Nordgriechenland ist daher davon auszugehen, dass die dort stockenden Vorkommen an Klimabedingungen angepasst sind, die keineswegs jetzigen unterfränkischen Klimabedingungen entsprechen. Es sind keine »Trockenherkünfte«. Allein aufgrund ihrer südlichen Herkunft kann nicht davon ausgegangen werden, dass sie als Ersatz für das deutlich wärmere und trockenere Unterfranken geeignet sind.

Rhodopen: Hotspots der Biodiversität

Diese Wälder sind wuchskräftig und zeigen nach Auskunft der griechischen Forstbehörde weder Trocken- noch Borkenkäferschäden. Da es sich um Populationen in den eiszeitlichen Refugialgebieten handelt, ist von einer hohen genetischen Vielfalt auszugehen. Die Täler der Rhodopen zählen zu den wichtigen Hotspots der Biodiversität in Südosteuropa. Die genetische Vielfalt dürfte jedoch nicht für alle Baumarten vergleichbar hoch sein:

- Die Fichte befindet sich am südlichsten Rand ihrer natürlichen Verbreitung. Der Umfang ihrer genetischen Diversität könnte aufgrund der Anpassungsprozesse in dieser Randlage eingeschränkt sein.
- Die Buchenvorkommen befinden sich im Hybridisierungsbereich von *Fagus sylvatica*, *Fagus x moesiaca* und *Fagus orientalis*. Für die Buchen ist daher von einer hohen genetischen Vielfalt auszugehen.

Hohe genetische Vielfalt kann die Voraussetzung für eine gute Anpassungsfähigkeit in Hinblick auf den Klimawandel sein. Es ist jedoch trotz der Beschreibung des Genoms einer Art nicht möglich, bestimmten Genvarianten spezifische Eigenschaften zuzuordnen. Moderne genetische Analyseverfahren ermöglichen bislang nur eine Beschreibung der Vielfalt des Genoms bezüglich sog. neutraler Genvarianten und ihrer Häufigkeiten. Der genetische Nachweis beispielsweise einer Trockenheitsresistenz ist noch nicht möglich. Herkünfte oder Einzelbäume hinsichtlich ihrer Verträglichkeit gegenüber Trockenheit aufgrund der Kenntnis ihrer genetischen Muster in dem beschriebenen Gebiet zu selektieren, ist daher derzeit eine Wunschvorstellung.

Das »Eiserne Gesetz des Standörtlichen«

Der Ansatz, heimische Buchenherkünfte durch »Trockenbuchen« oder Trockenvarianten anderer heimischer Baumarten aus trocken-warmen Klimaregionen zu ersetzen, muss daher stets vor dem Hintergrund des *kleinräumigen Lokalklimas und der Wasserspeicherkapazität des Bodens* der »Alternativherkunft« überprüft werden. Nur Arten bzw. Herkünfte aus Regionen, deren Niederschlag und Temperatur heute so ist wie es in den letzten beiden Jahren in Unterfranken zu beobachten war, kommen als Alternative in



4 Solitär-fichten und Fichtenbestände in den Rhodopen. Auf etwa 1.500 m ü.NN wachsen in den Hochlagen vorratsreiche Fichtenbestände wie hier in Elatia. Foto: R. Schirmer, AWG



5 Mediterraner Stockausschlagwald aus Trauben- und Zerreiche südlich von Xanthi

Foto: R. Schirmer, AWG

Frage. In Xanthi war das Klima in den letzten Jahren vergleichbar wie in den Trockenregionen Unterfrankens. Buchen und Fichten kommen dort nicht vor. Kleinräumig entfernt in den Hochlagen sind die Klimabedingungen jedoch völlig anders. Dort wachsen Bestände unter Niederschlägen, die deutlich höher sind als in Unterfranken.

Auf konkreten Messungen beruhende Klimadaten sind für Waldgebiete in den südosteuropäischen Ländern meist nicht verfügbar. Oftmals finden sich vermeintliche »Trockenvarianten« auf besser wasserversorgten Kleinstandorten. In den Rhodopen waren bei der Exkursion zahlreiche Beispiele zu beobachten, wo sich Buchen auf schattigen Hängen und in besser wasserversorgten Gräben noch stellenweise unter die Buchenwaldgrenze in die submontanen, trocken-wärmeren Lagen vorschieben. Die Waldböden der Rhodopen weisen außerdem ein hohes Wasserspeichervermögen auf und sind nicht zum Beispiel mit kroatischen Karstböden vergleichbar.

Griechische Schwarzkiefern erfolgsversprechender als griechische Fichten oder Buchen

Bei der Erkundung von Anbau-Alternativen für durch Trockenheit geschädigte Wälder in Bayern ist daher auf griechische Baumarten und Herkünfte zu fokussieren, die hinsichtlich ihrer Wärme- und Wasseransprüche zwischen den Fichten- und Buchenwäldern der hochmontanen Stufe und den genannten mediterranen Arten des planar-kollinen Bereichs vorkommen. Es handelt sich hierbei um die in der submontanen Stufe von 800–1.100 m flächig auftretende Schwarzkiefer (*Pinus nigra*). Die beobachteten Herkünfte im Übergangsbereich von der Varietät *Nigra* zur Varietät *Pallasiana* sind wüchsig und zeigen nach eigener Beobachtung sowie Erfahrungen der griechischen Kollegen keinen Befall mit Schadpilzen.

Aus diesem Grund wurde vor zehn Jahren vom AWG ein deutschlandweiter Herkunftsversuch mit Schwarzkiefer angelegt, der in diesem Frühjahr ausgewertet wird. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Überarbeitung der Herkunftsempfehlungen dieser Baumart.

Zusammenfassung

Auf einer Exkursion zum Thema »Trockenresistente Alternativbaumarten« in die nordgriechischen Rhodopen wurden zahlreiche Waldgesellschaften mit Fichten, Tannen, Buchen und Eichen erkundet. Die hohen Wuchseleistungen mancher Buchen- und Fichtenbestände in diesem warm-trockenen Klimaraum sind jedoch nicht nur auf die Herkunft, sondern auch auf besonders günstige kleinklimatische und standörtliche Bedingungen zurückzuführen. Nordgriechische Fichten und Buchen sind daher nicht generell als trockenresistent einzustufen. Fichten- und Buchenvorkommen mit einer höheren Trockenheitstoleranz können nur in Herkunftsversuchen lokalisiert werden. Der Fokus sollte auf die trockenresistenten Herkünfte der Schwarzkiefer und der mediterranen Eichenarten, insbesondere der Ungarischen Eiche, gelegt werden. Ein noch ungelöstes Problem ist die Versorgung mit Saatgut von klimatoleranten Baumarten. Für herkunftsgesichertes Saatgut sind kontrollierte Ernten in den natürlichen Verbreitungsgebieten unverzichtbar.

Weitere Anbau-Alternativen: Mediterrane Eichenarten

Unter 800 m ü.NN kommen flächig wärmeliebende Eichenmischwälder mit Flaumeiche, Traubeneiche, Zerreiche und Ungarischer Eiche vor. Viele dieser Bestände wurden in der Vergangenheit ausschließlich nieder- und mittelwaldartig genutzt. Sie weisen daher stockausschlagbedingt unbefriedigende Stammformen auf und spiegeln das Leistungspotenzial dieser Baumarten nicht zutreffend wider. Neben der Traubeneiche (*Quercus petraea*) wurden vor allem auch forstlich ansprechende Bestände mit Ungarischer Eiche (*Quercus frainetto*) besichtigt. Diese Art sollte unter bayerischen Klimabedingungen in wissenschaftlichen Anbauversuchen getestet werden.

Bei der Exkursion konnten Kontakte für die Saatgutbeschaffung in Griechenland geknüpft werden. Die griechische Forstverwaltung, in deren Eigentum sich fast alle Wälder befinden, erntet jedoch zurzeit kein Saatgut. Zur Einsparung von Kosten wird ausschließlich auf Naturverjüngung gesetzt.

Es wird eine Herausforderung für das AWG, Saatguternten von Baumarten und Herkünften, die im Klimawandel eine Zukunft haben, vor Ort zu initiieren. Herkunftsgesicherte, kontrollierte Ernten aus Beständen in einem geeigneten kleinräumigen Klima sind sowohl für die Aussagekraft von Herkunftsversuchen als auch für die Versorgung mit klimatolerantem Saatgut in Bayern unverzichtbar. Diese Aufgabe wird nur mit zusätzlichem Personal zu leisten sein.

Autor

Randolf Schirmer ist stellvertretender Leiter des AWG und verantwortlich für das Sachgebiet 2 »Forstgenetisches Versuchswesen«.
Kontakt: Randolf.Schirmer@awg.bayern.de

Waldvogelschutz auf Erfolgskurs

Vogelschutzbericht unterstreicht positive Bestandsentwicklung für Waldvögel, zeigt aber auch Problembereiche im Wald auf

Alexander Rumpel

Während auf Wiesen, Weiden und Äckern in Deutschland der deutliche Rückgang heimischer Vögel weiter anhält, zeichnen sich in den Wäldern hingegen erfreuliche Zunahmen der Bestände ab. Das sind die zentralen Aussagen des vor kurzem veröffentlichten Nationalen Vogelschutzberichts »Vögel in Deutschland 2019 – Übersichten zur Bestandssituation«. Die alle sechs Jahre laufende Bilanzierung enthält wesentliche Informationen zu Bestandsgrößen, Bestandstrends und Verbreitungsangaben aller Brut- und der rastenden Wasservogelarten und gilt neben dem FFH-Bericht als zentraler Gradmesser für den Stand der Umsetzung des europäischen Netzwerks »Natura 2000«.

Die bereits seit 1979 bestehende Vogelschutzrichtlinie ist ein zentrales europäisches Instrument zum Schutz der biologischen Vielfalt. Die Richtlinie gilt für sämtliche auf europäischem Gebiet wildlebenden Vogelarten und deren Lebensräume. Gemäß der Richtlinie sind für alle Vogelarten des Anhang I geeignete Schutzgebiete (SPA-Gebiete = »Special Protected Areas«) auszuweisen. Darüber hinaus besteht auch für die regelmäßigen Zugvogelarten und deren Brut- und Überwinterungsgebiete eine entsprechende Schutzverpflichtung. Seit der Einführung der FFH-Richtlinie im Jahr 1992 knüpfen die beiden Richtlinien gemeinsam das europaweite Netzwerk »Natura 2000«. In Bayern werden die Managementpläne für die 84 Vogelschutzgebiete gemeinsam von Umwelt- und Forstverwaltung erstellt. Dabei werden 42 regelmäßig in Bayern vorkommende Vogelarten mit spezifischer Bindung an Wälder von der Forstverwaltung beplant. Die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) und die derzeit entstehenden Fachstellen Waldnaturschutz unterstützen die Managementplanung vor Ort und sind für das Gebietsmanagement in walddominierten Gebieten zuständig.

Vogel-Monitoring als wichtigste Datenbasis

Ebenso wie bei der FFH-Richtlinie ist auch regelmäßig über den Zustand der Avifauna und deren Lebensräume im Rahmen eines nationalen Vogelschutzberichtes Auskunft zu geben. Seit 2013 wird dieser Bericht analog zum FFH-Bericht (s. Rumpel 2020) im sechsjährigen

Turnus erstellt. Neben allgemeinen Informationen zur Umsetzung der Richtlinie gibt der Bericht insbesondere Auskunft über die Verbreitungsgebiete sowie über die kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungstrends der Vogelpopulationen in Deutschland. Zusätzlich sind für die Gruppe der sogenannten Triggerarten, d.h. für die Arten, die Anlass für die Ausweisung der SPA-Gebiete waren, auch die Kurzzeittrends und die Populationsgrößen spezifiziert für die SPA-Gebiete angegeben. Da für die Vogelschutzrichtlinie, anders als bei der FFH-Richtlinie, keine biogeografischen Regionen festgelegt sind, beziehen sich alle Berichtsangaben auf die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland. In dem Bericht sind Daten zahlreicher Institutionen und Akteure eingeflossen, wie dem bundesweiten Vogelmonitoring und Daten der entsprechenden Landesfachbehörden (in Bayern insb. Vogelschutzwarte, Landesamt für Umwelt und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft). Insbesondere die im Kontext der Managementplanung in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse liefern einen besonders wertvollen Beitrag zu den aktuellen Berichtsdaten. Die Basis der Berichtsdaten stellen die Fundmeldungen dar, die überwiegend Tausende ehrenamtlich tätige Vogelbeobachterinnen und -beobachter sowie nicht-staatliche Fachverbände erheben. Diese Breite, Langfristigkeit und fachliche Qualität der laufenden Erhebungen erlaubt es, fundierte Antworten auf zahlreiche Fragen zum aktuellen Zustand der Vogelwelt zu geben. Wie entwickeln sich die einzelnen Populationen?



1 Vom Sperrlingskauz gibt es in Bayern circa 1.300 bis 2.000 Brutpaare. Bundesweit ist der 36-Jahre-Trend steigend. Der Trend der letzten zwölf Jahre weist eine stabile Bestandssituation aus. Foto: J. Wild, LWF

Welche Arten gehören zu den Gewinnern oder Verlierern? Verändern sich die Verbreitungsgebiete? Zeigen die beobachteten Entwicklungen eine langfristige Tendenz oder handelt es sich um einen kurzfristigen Trend, dessen Ursache weiterer Klärung bedarf?

Deutschlandweit: Bestandsverlust meist im Offenland

Deutschland gehört mit mehr als 300 nachgewiesenen Vogelarten zu den artreichen Regionen Mitteleuropas. Davon brüten rund 250 Vogelarten regelmäßig in Deutschland, weitere 25 unregelmäßig. Dazu kommen 20 Arten, die als etablierte Neozoen oder Neubürger gelten, wie die auffällige Mandarinente und die Nilgans, die in einzelnen Regionen Bayerns inzwischen ganzjährig anzutreffen sind. Als ausgestorben gelten 17 Arten. Mit jeweils knapp 10 Millionen Brutpaaren von Amsel und Buchfink zählen auch zwei Arten mit einem Vorkommensschwerpunkt im Wald zu den bundesweit häufigsten und weitverbreitetsten Arten. Auf Basis des 24-Jahres-Trends von 1992–2016 kann hochgerechnet werden, dass in diesem Zeitabschnitt der bundesweite Bestand um bis zu 14 Millionen Brutvögel abgenommen hat. Somit leben heute etwa acht Prozent weniger Brutvögel in Deutschland als noch vor 24 Jahren. Der größte Teil der Verluste ist dabei in der ersten Hälfte des

Art	Weiterführende Informationen				Bestandssituation (bundesweit)			Bestandssituation in SPA	
	Federführung FoV Managementplanung & Gebietsmanagement	Anhang I ¹	Triggerart	Rote Liste 2016 (BY)	Brutpaare in Bayern	Trend 36 Jahre	Trend 24 Jahre	Trend 12 Jahre	Anteil [%]
Auerhuhn (<i>Tetrao urogallus</i>)	X	X	1	600-900				57	
Haselhuhn (<i>Tetrastes bonasia</i>)	X	X	3	750-1200				-	-
Schwarzspecht (<i>Dryocopus martius</i>)	X	X	*	6500-10000				17	
Dreizehenspecht (<i>Picoides tridactylus</i>)	X	X	*	700-1100	-	-		73	
Mittelspecht (<i>Dendrocopos medius</i>)	X	X	*	2300-3700				38	
Weißrückenspecht (<i>Dendrocopos leucotos</i>)	X	X	3	380-600	-	-		61	
Kleinspecht (<i>Dryobates minor</i>)			V	2200-3400					
Grauspecht (<i>Picus canus</i>)	X	X	3	2300-3500				-	-
Grünspecht (<i>Picus viridis</i>)			*	6500-11000					
Wendehals (<i>Jynx torquilla</i>)		X	1	1200-1800				-	-
Seeadler (<i>Haliaeetus albicilla</i>)	X	X	R	6-7				39	
Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>)	X	X	1	5				43	
Rotmilan (<i>Milvus milvus</i>)	X	X	V	750-900				18	
Schwarzmilan (<i>Milvus migrans</i>)	X	X	*	500-650				27	
Wespenbussard (<i>Pernis apivorus</i>)	X	X	V	750-950				-	-
Habicht (<i>Accipiter gentilis</i>)			V	2100-2800					
Baumfalke (<i>Falco subbuteo</i>)			*	1100-1300					
Sperber (<i>Accipiter nisus</i>)			*	4100-6000					
Raufußkauz (<i>Aegolius funereus</i>)	X	X	*	1100-1700	-	-	-		
Sperlingskauz (<i>Glaucidium passerinum</i>)	X	X	*	1300-2000				-	-
Habichtskauz (<i>Strix uralensis</i>)			2	5-6	-	-	-		
Waldkauz (<i>Strix aluco</i>)			*	6000-9500					
Halsbandschnäpper (<i>Ficedula albicollis</i>)	X	X	3	1200-2200				57	
Zwergschnäpper (<i>Ficedula parva</i>)	X	X	2	140-250	-	-	-	-	
Trauerschnäpper (<i>Ficedula hypoleuca</i>)			V	4200-7500					
Heidelerche (<i>Lullula arborea</i>)	X	X	2	550-850				38	
Eisvogel (<i>Alcedo atthis</i>)	X	X	3	1600-2200				19	
Schwarzstorch (<i>Ciconia nigra</i>)	X	X	*	150-160				24	
Ziegenmelker (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	X	X	1	90-160				56	
Baumpieper (<i>Anthus trivialis</i>)			2	11500-26000					
Beutelmeise (<i>Remiz pendulinus</i>)			V	270-380					
Dohle (<i>Coloeus monedula</i>)			V	5500-9500					
Gänsesäger (<i>Mergus merganser</i>)		X	*	420-550				33	
Gartenrotschwanz (<i>Phoenicurus phoenicurus</i>)			3	4200-7000					
Hohltaube (<i>Columba oenas</i>)			*	4100-7000					
Mauersegler (<i>Apus apus</i>), baumbrütend			3	20-30					
Pirol (<i>Oriolus oriolus</i>)			V	3200-5000					
Raubwürger (<i>Lanius excubitor</i>)		X	1	45-55				42	
Ringdrossel (<i>Turdus torquatus</i>)			*	2200-4000					
Schellente (<i>Bucephala clangula</i>)		X	*	110-150				-	-
Waldschnepfe (<i>Scolopax rusticola</i>)			*	2600-4600					
Waldwasserläufer (<i>Tringa ochropus</i>)			R	40-50					
Sonstige walddrelevante Arten (Auswahl)									
Buntspecht (<i>Dendrocopos major</i>)			*	87000-245000					
Tannenhäher (<i>Nucifraga caryocatactes</i>)			*	2000-3400					
Eichelhäher (<i>Garrulus glandarius</i>)			*	105000-290000					
Waldlaubsänger (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>)			2	11500-21000					
Kolkrabe (<i>Corvus corax</i>)			*	1200-1500					
Uhu (<i>Bubo bubo</i>)	X	X	*	420-500				16	

2 Kurz-, mittel- und langfristigen Trends der Bestandessituation der Vogelarten für die Bundesrepublik Deutschland basierend auf den Angaben des nationalen Vogelschutzberichts

1 Vogelschutzrichtlinie
 Verantwortungsorten für Bayern
 Zunahme
 stabile
 moderate Abnahme
 starke Abnahme

Beobachtungszeitraums festzustellen. Vom Rückgang besonders betroffen sind Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in Offenlandbiotopen, insbesondere Agrarlandschaften und Feuchtgebieten. In der Vergangenheit weit verbreitete Arten der Agrarlandschaft wie beispielsweise Feldlerche und Turteltaube sind mittlerweile so selten, dass sie in der offenen Kulturlandschaft häufig nicht mehr anzutreffen sind.

Abbildung 2 stellt die bundesweiten kurz-, mittel- und langfristigen Trends der Bestandessituation für die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland basierend auf den Angaben des Nationalen Vogelschutzberichts dar. Für die sogenannten Triggerarten ist zudem die Situation innerhalb der Vogelschutz-Gebiete zusätzlich angegeben. Die Angaben zu den Brutpaaren in Bayern ist dem Atlas der Brutvögel Bayerns (Rödl et al. 2012) entnommen; dunkelgelb hervorgehoben sind Arten, für deren Erhalt dem Freistaat Bayern eine besondere Verantwortung zukommt.

Waldvogelarten im Aufwind – mit Einschränkungen

Aus forstwirtschaftlicher Perspektive besonders relevant sind die Ergebnisse für Vogelarten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im Lebensraum Wald haben. Erfreulicherweise ist festzustellen, dass im Gegensatz zur Situation in der Agrarlandschaft und im sonstigen Offenland die Vogelbestände im Wald stabil geblieben sind und bei nicht wenigen wertgebenden Vogelarten alter, totholz- und biotopbaumreicher Wälder sogar Bestandszunahmen festzustellen sind. Bundesweit haben die Bestände im Wald im Betrachtungszeitraum um rund 1,5 Millionen Brutpaare zugenommen. Für eine umfassende und belastbare Analyse und Bewertung dieser Entwicklung ist es notwendig, einen Blick zurück zu werfen, um die Dynamik und Veränderung der Habitatqualität des Lebensraums Wald richtig einschätzen zu können.

Historisch bedingte Übernutzung versus moderner Waldumbau

Weitgehend geschlossene Laubmischwälder, die natürlicherweise die mitteleuropäische Vegetation dominieren würden, waren bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts aus vielen Landschaften nahezu vollständig verschwunden oder dort, wo noch in



3 Ein Haselhuhn-Hahn lauert in dichter Bodenvegetation. Der sehr seltene Vogel ist in Bayern mit etwa 750 bis 1.200 Brutpaaren vertreten. Foto: H.-J. Fünfstück, www.serlis-naturfotos.de

Resten vorhanden, im Regelfall stark degradiert. Wald wurde damals nicht nur zur Holzproduktion, sondern auch für vielfältige andere Zwecke genutzt. So war der Wald häufig auch Viehweide und Streulieferant für die heimischen Viehställe. Dies führte zu einem langanhaltenden und nachklingenden Auflichtungs- und Aushagerungsprozess, wodurch zahlreiche Vogelarten (halb-)offener Lebensräume in die lichter gewordenen Waldflächen eingewandert sind. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts nimmt die Waldfläche in Deutschland wieder kontinuierlich zu und es dominieren vielfach wieder – abseits rezenter Kalamitätsflächen – weitgehend geschlossene Wälder der mitteleuropäischen Waldlandschaften. Die Ergebnisse der Bundeswaldinventuren belegen zudem für die Gesamtwaldfläche eine Zunahme der standortheimischen Laubholzanteile, des durchschnittlichen Bestandsalters, der Totholzanteile und der Biotopbaumzahlen. Diese zeitliche und räumliche Veränderung der Waldökosysteme zeigt sich eindrücklich an den zahlreichen von dieser Situation profitierenden Arten, die als Waldarten im engeren Sinne indikativ besonders bedeutsam für die Bewertung der Naturnähe mitteleuropäischer Waldökosysteme sind. Negative Trends und teils rückläufige Verbreitungsgebiete von Arten mit Waldbezug zeigen hingegen nur Artengruppen, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im halboffenen Waldland zumeist in trockenwarmer Lage oder in Offenlandbereichen mit geringem Baumanteil besitzen. In Bayern sind dies typischerweise in der Vergangenheit vielfach beweidete und lichte Kiefern- oder Eichenbestände sowie Waldsteppen-

Ökotonen auf meist nur kleinflächig vorkommenden Extremstandorten. In Wirtschaftswäldern können diese Strukturen temporär auch auf Jungwuchsflächen, Lichtungen, Windwurf- und Waldbrandflächen auftreten. Diesen kultur- und managementabhängigen Arten kann damit auch eine Indikatorfunktion zugesprochen werden. Diese besitzt aber in der Regel keine Aussagekraft hinsichtlich des Merkmals »Naturnähe« eines Waldbestandes, sondern weist auf die bewirtschaftungshistorisch bedingten spezifischen Waldstrukturen und Standortverhältnisse hin – mit der an diese Lebensraumsituation gekoppelten sehr spezifischen Flora und Fauna.

Exemplarisch für die Gruppe der Waldarten im engeren Sinne steht die hochgradig an Waldökosysteme angepasste Gruppe der heimischen Spechtvögel, von deren Gegenwart und Höhlenbau zahlreiche andere Arten profitieren. Insbesondere Arten wie Mittelspecht, Dreizehenspecht und Schwarzspecht und deren Bindung an Wälder mit hohen Anteilen an Altholz- und Habitatbäumen sind im besonderen Maße geeignet, den Struktur- und Bestockungswandel in Richtung mehr Naturnähe und damit die Erfolge des naturnahen Waldbaus auf großer Fläche aufzuzeigen. Während der Mittelspecht sein Hauptverbreitungsgebiet im Hügel- und Bergland außerhalb des Alpenraums besitzt, zeigt der Dreizehenspecht ähnliche waldökologische Entwicklungen für die natürlicherweise stärker nadelholzdominierten Bergmischwälder der Berglagen an. Eine detailliertere Darstellung zu den Spechten als Schirmarten im Waldnaturschutz haben Lauterbach und Schwaiger (2019) vorgelegt.

4 Der Schwarzstorch lebt in großen Waldgebieten. Wichtige Lebensraumelemente sind Waldlichtungen, Bäche, bewaldete Bachschluchten und wasserführende Gräben. In Bayern leben etwa 150 bis 160 Brutpaare. Die Bestandsentwicklung weist seit über 30 Jahren eine stetige Zunahme auf. Foto: N. Wimmer



Untermuert werden diese Ergebnisse durch die ebenfalls gleichbleibenden oder fallweise auch zunehmenden Bestandstrends zahlreicher weiterer Vogelarten der Wälder. Gerade die Gruppe der mittelhäufigen Arten wie Grauspecht, Sperlingskauz & Co. gelten aus Sicht des Waldnaturschutzes ebenfalls als geeignete und in vielen Landesteilen zudem auch vorkommende Indikatorengruppe. Aus Sicht der Öffentlichkeitsarbeit kommt darüber hinaus so charakteristischen Flaggschiffarten wie Schwarzstorch und Uhu eine besondere Bedeutung zu. Mit diesen Vogelarten können die Anforderungen des Waldvogelschutzes und die erreichten Erfolge auch breiteren Bevölkerungsgruppen nähergebracht werden.

Gerade auch die Entwicklungen bei See- und Fischadler zeigen auf, dass Informationen und Schulungen maßgeblich Anteil an den Erfolgen besitzen. In diesen können vor Ort praxis- und zielgruppengerecht wichtige Aspekte des Vogelschutzes im Wald wie Horstbaumschutz und notwendige Ruhezeiten anhand dieser seltenen Arten vermittelt werden.

Weniger positiv sieht dagegen die Bestandssituation von Auerhuhn und Haselhuhn aus. Beide Raufußhühner gelten, anders als das Schnee- und Birkhuhn, als Arten mit Verbreitungsschwerpunkt im Wald oder der Waldgrenze. Ihre Lebensräume stellen strukturreiche, auf Teilflächen auch lichte, störungsarme Bergmisch- und Bergnadelwälder der höheren Mittelgebirgslagen und des Alpenraums dar. Aufgrund dieser Bindung an Berglagen besitzt das Land Bayern eine besondere Verantwortung für diese charakteristischen Hühnervögel. Ein Großteil der deutschen Population ist im Freistaat beheimatet. In Zeiten von Klimawandel und weiter anhaltenden Stickstoffeinträgen kommt der Habitatpflege durch ein gezieltes Lebensraummanagement im

Rahmen der Bergwaldbewirtschaftung eine besondere Bedeutung und damit der Forstwirtschaft als Lebensraumgestalter auch eine große Verantwortung zu. Dabei sind mögliche Zielkonflikte mit weiteren gesellschaftlich relevanten Funktionen und Leistungen des Bergwaldes frühzeitig zu identifizieren, um sach- und funktionsgerechte Entscheidungen auf möglichst großer Waldfläche und unter Akzeptanz der betroffenen Waldbesitzer gewährleisten zu können.

Waldnaturschutz: seit Jahren erfolgreich

Zusammenfassend lässt sich letztlich sagen, dass es zurzeit in Deutschland kaum eine typische Waldvogelart naturnaher Wälder gibt, die einen negativen Trend aufweist. Kleiber & Co. sowie alle Arten von Eulen und Spechten sind heute so häufig und verbreitet wie seit langer Zeit nicht mehr. Die in Mitteleuropa heute gefährdeten Arten sind somit fast ausnahmslos Arten des Offenlandes, Halboffenlandes und der Feucht- und Wasserlebensräume. Struktur- und lebensraumreiches Offenland ist der Biotoptyp, an dem es heutzutage mangelt. Die Fläche der naturnahen Wälder nimmt hingegen stetig zu.

Konsequenzen

Die vorgelegten Ergebnisse des Nationalen Vogelschutzberichts leisten zusammen mit dem ebenfalls vor kurzem veröffentlichten FFH-Bericht (Rumpel 2020) einen weiteren wichtigen und auf Fakten basierenden Beitrag zum Stand und geben Perspektiven zur Umsetzung naturschutzfachlicher Ziele im Wald. Gerade durch die integrierende Gesamtschau auf den Wald mit seinen zahlreichen und vielfältigen Habitatfunktionen wird es möglich, weiteren Handlungsbedarf sachgerecht und möglichst objektiv zu identifizieren, Prioritäten festzulegen

und naturschutzfachliche Ziele im Wald zu überprüfen und bei erkanntem Bedarf auch anzupassen. Der sektorale und damit zwangsläufig verengte Blick auf den Wald durch die Brille der reinen (Avi-)Faunistik, Floristik oder weiterer einzelner Artengruppen wird diesen Anforderungen in der Regel nicht gerecht und gerät damit in Gefahr, ein nicht sachgerechtes Bild vom Zustand der Waldbiodiversität zu zeichnen. Als zentrale Erkenntnisse lassen sich unabhängig davon folgende sechs Positionen formulieren, die die Pflege, Entwicklung, Erhaltung und Wiederherstellung der Wälder im Allgemeinen wie auch Waldtypen im Besonderen betreffen und die zukünftigen Belange des Vogelschutzes und der Waldbesitzer beschreiben:

1. Pflege und Entwicklung naturnaher Waldbestände: Die vorausschauende Pflege und Entwicklung naturnaher und strukturreicher Waldbestände unter dem Dach einer integrativen Waldbewirtschaftung ist ein zentraler Garant, um die erreichten Erfolge im Waldvogelschutz auch zukünftig weiter abzusichern und zu verstetigen. Widerstands- und anpassungsfähige Waldökosysteme stellen die sichersten Vogelhabitate dar – auch in Zeiten des Klimawandels.

2. Fortführung des Totholz- und Biotopbaum-Managements: Viele Waldvogelarten sind insbesondere auf den Schutz und den Erhalt von Habitaten angewiesen, die durch eine ausreichende Anzahl, Menge und räumliche Verteilung von Strukturen der Alters- und Zerfallsphasen, wie Totholz, Biotopbäume, lichte Bestandspartien und Altholzstrukturen sichergestellt werden können. Auch ist dieser bereits so erfolgreiche Weg konsequent weiter zu beschreiten.

3. Wiederherstellung standorttypischer Verhältnisse auf Feucht-, Moor- und Auwaldstandorten: Renaturierungsmaßnahmen mit dem Ziel der Wiederherstellung standorttypischer Verhältnisse sind prinzipiell auf allen gestörten oder degradierten Waldstandorten sinnvoll und wünschenswert. Besondere Bedeutung kommt dabei den Sumpf-, Moor- und Auwäldern als Lebensraum für hochangepasste und seltene Arten zu. Dabei ist es jedoch zwingend, dass vor der Renaturierung die Ziele und möglichen Konflikte im transparenten Dialog mit allen betroffenen Anliegern diskutiert und mitgetragen werden.

5 Mit Finanzmitteln aus dem Vertragsnaturschutzprogramm Wald (VNP-Wald) unterstützt Bayerns Forstverwaltung die privaten Waldbesitzer. Das VNP-Wald ist ein wichtiger Baustein in der Umsetzung naturschutzfachlicher Maßnahmen, so zum Beispiel bei Totholz- und Biotopbaum-Management.

Foto: Dr. Matthias Jantsch

4. *Erhaltung und Entwicklung von Licht- und Magerwäldern:* Mittels des Konzepts der naturnahen Waldbewirtschaftung wird versucht, flächen- und funktionsdifferenziert den ökosystemaren Gesamtnutzen des Multitalents Wald zu optimieren. Dabei können jedoch Zielkonflikte mit typischen (Vogel-)Arten lichter und magerer Wälder auftreten (siehe oben). Zur Sicherung oder fallweise notwendigen Entwicklung der verbliebenen Vorkommen bzw. Re-Etablierung vom Aussterben bedrohter Arten ist ein angepasstes Habitatmanagement zugunsten dieser pflege- und kulturabhängigen Arten notwendig. Zielkonflikten im Kontext der naturnahen Waldbewirtschaftung stehen hierbei in vielen Fällen Synergien beim Erhalt regionaltypischer Waldlandschaften gegenüber. Diese Sonderform der Waldbewirtschaftung erfordert ebenfalls die enge und partnerschaftliche Einbindung lokaler Nutzer und Interessensgruppen sowie die gezielte finanzielle Förderung. Dieser Maßnahmentyp ist vor-



rangig auf Reliktflächen zu realisieren. Dabei sind traditionelle multifunktionale Bewirtschaftungsweisen wie Mittelwald-Bewirtschaftung, Wald-Feld-Weide-Bewirtschaftung im Sinne eines modernen Lichtwaldmanagements und im Rahmen waldgesetzlicher Vorgaben zu adaptieren und weiter zu entwickeln.

5. *Vorausschauender Vogelschutz:* Die aufgezeigten Erfolge verdeutlichen, dass erfolgreicher Vogelschutz (im Wald) möglich ist. Das Wissen und die Kenntnisse zum Vogelschutz im Wald wie ganz allgemein zum Waldnaturschutz stehen auf einem soliden wissenschaftlichen Fundament und werden von einer Vielzahl sehr

unterschiedlicher Akteure und Interessensgruppen mitgetragen: von feldornithologisch begeisterten Forstfrauen und Forstmännern über die von Kindesbeinen an leidenschaftlichen Vogelkundlern und ehrenamtlich engagierte Einzelpersonen bis hin zu den landes- und bundesweit tätigen Natur- und Vogelschutzverbänden und -institutionen. Diese zahlreichen Akteure sind im Sinne eines vorausschauenden Vogelschutzes im Wald weiter zu motivieren. Dort wo fallweise der Blickwinkel fachlich zu verengt oder politisch über die Maßen ideologisiert ist, sind gemeinam in einem offenen und ergebnisorientierten, kritischen Dialog Lösungen zu suchen, die von allen Akteuren so weit wie möglich mitgetragen werden können.

6. *Unterstützung der Waldbesitzer:* »Last, but not least« kann Vogelschutz im Wald langfristig nur dann erfolgreich sein, wenn die vielen bayerischen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer von Anfang an partnerschaftlich und auf Augenhöhe Anteil haben an der Generationenaufgabe »Vogelschutz im Wald«. Bestehendes Engagement ist konsequent zu würdigen und auch finanziell zu honorieren. Darüber hinaus sind vor Ort im Gespräch im Wald die fachlichen Anforderungen zielgruppengerecht zu übersetzen und die Zielsetzungen zu erklären. Dabei müssen die naturschutzfachlich notwendigen Maßnahmen sowohl fachlich als auch emotional transportiert werden. Um den Nutzen der Maßnahmen zu veranschaulichen, sind zudem Erfolge ins Zentrum der Aufmerksamkeit zu rücken und Motivation zu stiften. Bedürfnisse und Ziele der Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer sind damit von Anfang an integraler Bestandteil der Projektplanung – vom Schutz eines einzelnen Höhlen- oder Horstbaumes bis hin zu größerflächig wirksamen Vogelschutzmaßnahmen.

Zusammenfassung

Die Situation der Wälder in Mitteleuropa hat sich in den vergangenen 150 Jahren insbesondere mit Blick auf Flächenausdehnung, Naturnähe der Bestockung und der Waldstrukturen, Bestandesalter sowie die Holzvorräte deutlich verbessert. Im Gegensatz zum Offenland zeigen viele typische Waldvogelarten positive oder zumindest stabile Bestandstrends. Eine bedeutsame Ausnahme stellen dabei Vogelarten dar, die an licht- und nährstofflimitierte Wälder gebunden sind. Gründe dafür sind unter anderem in der Aufgabe traditioneller Nutzungsformen, Ursachen auf übergeordneter Ebene wie zum Beispiel anhaltend zu hohe Stickstoffeinträge und die fast flächendeckende Hinwendung zur weitgehend geschlossenen Hochwaldbewirtschaftung zu suchen. Trotz weitgehendem Konsens zu den grundsätzlichen Zielen und zur Ausrichtung des Vogelschutzes im Wald besteht weiterer Kommunikations- und Gesprächsbedarf zur Klärung der operativen Umsetzung von Waldnaturschutzzielen. Zur Minimierung von Zielkonflikten bedürfen die vorhandenen Leitbilder und Konzepte der Priorisierung der verschiedenen Waldfunktionen unter Einbeziehung räumlicher und zeitlicher Aspekte. Dieses differenzierte Gesamtkonzept im Rahmen der integrativen Waldbewirtschaftung umzusetzen, muss das anspruchsvolle Leitprinzip zur Umsetzung waldnaturschutzfachlicher Zielsetzungen der Forstverwaltung sein. Darüber hinaus ist die Integration aller relevanten Akteure unter besonderer Berücksichtigung des Waldbesitzes bei allen Entscheidungsfindungsprozessen und Maßnahmenumsetzungen konsequent und partnerschaftlich zu berücksichtigen. Der Vogelschutzbericht liefert in diesem Kontext einen zentralen Prüfstein für einen modernen, evidenzgestützten Vogelschutz im Wald.

Literatur

- Lauterbach, M.; Schwaiger, S. (2019): Spechte – Schirmarten im Waldnaturschutz. Naturnaher Waldbau verzeichnet Erfolge. LWF aktuell 122, S. 20–23
- Rödl, T.; Rudolph, B.-U.; Geiersberger, I.; Weixler, K.; Görden, A. (2012): Atlas der Brutvögel in Bayern. Verbreitung 2005 bis 2009. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 256 S.
- Rumpel, A. (2020): Prüfstein für den Zustand der Natur in Bayerns Wäldern. Der FFH-Bericht 2019: Erkenntnisse und Herausforderungen für den Waldnaturschutz. LWF aktuell 124, S. 54–59

Autor

Alexander Rumpel ist im Referat F1 des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zuständig für den Themenbereich Natura 2000 und Waldnaturschutz.

Kontakt: Alexander.Rumpel@stmelf.bayern.de

1 Klonfläche Grabenstätt mit mehreren Pflanzen je Klon, die auf der Fläche verteilt wurden, um kleinstandörtliche Unterschiede zu minimieren

Foto: M. Šeho, AWG



So hat die Esche eine Chance!

Züchtungsprogramm mit »gesunden« Eschen-Nachkommen weckt Hoffnung für erfolgreichen Anbau

Barbara Fussi

Die Esche kommt mit wärmeren und trockeneren Bedingungen gut zurecht und wurde für den Umbau der Wälder im Zuge des Klimawandels zunächst als mögliche Ersatzbaumart auf trockenen Standorten eingeschätzt. Aufgrund der massiven Ausbreitung des Eschentriebsterbens in den letzten Jahren ist diese Baumart vielerorts akut gefährdet. Eine direkte Bekämpfung des verantwortlichen Pilzes ist nur begrenzt möglich, und die Frage der Resistenz von Einzelbäumen gegenüber dem Eschentriebsterben bzw. der Vererbbarkeit und möglicher Züchtungsstrategien wird immer wichtiger.

Für die Nachzucht von Pflanzen für zukünftige stabile Eschenpopulationen ist entscheidend, dass die genetische Diversität ausreichend hoch ist. Die Prüfung der Resistenz bedarf einer intensiven und langfristigen Beobachtung. Resistente Individuen sollten nur aus Beständen ausgewählt werden, die schon längere Zeit (8 bis 10 Jahre) starkem Befallsdruck ausgesetzt waren. Die Einstufung der Bäume als »gesund« ist ohne langfristiges Konzept oft nur eine Momentaufnahme, die sich nur bedingt auf längere Sicht hält. Eine vegetative Vermehrung von falsch eingestuftem Ausgangsmaterial wird langfristig keinen Erfolg bringen.

Neben kranken und absterbenden Bäumen werden immer wieder auch weniger anfällige Bäume beobachtet. Der Anteil der resistenten Eschen in Beständen wird derzeit auf ca. 5 % geschätzt. Das bedeutet eine massive Fragmentierung der Eschenpopulationen, im Extremfall bleiben nur einzelne Eschen – isoliert voneinander – übrig. Ein effektiver Genfluss zwischen resistenten Bäumen ist aber notwendig,

um den Anteil an gesunden Jungeschen zu erhöhen. Unzureichender Genfluss kann den Genpool einengen und damit das Anpassungspotenzial zukünftiger Eschengenerationen negativ beeinflussen.

Resistenzversuche unter erhöhtem Infektionsdruck

Um mögliche resistente Klone zu identifizieren, wurde 2014 in Grabenstätt (Oberbayern) eine Klonsammlung mit insgesamt 319 Ramets (Wiederholungen der Einzelklone) angelegt (Abbildung 1). Die Fläche liegt an der Tiroler Ache, wo sich der Pilz stark vermehren kann. Die Klone stammten von 36 optisch gesunden Bäumen aus stark befallenen Beständen ab. 2015 wurde in Grabenstätt eine weitere Versuchsfläche mit 24 Nachkommenschaften angelegt. Der Gesundheitszustand wurde einmal jährlich erhoben.

In 2014 waren noch 81 % der Pflöpflinge komplett symptomlos und 17 % der Pflöpflinge waren befallen (Abbildung 3). In 2015 hatte sich der Gesundheitszustand der Eschen drastisch verschlechtert. Nur

6 % der Pflöpflinge waren noch völlig gesund. In den weiteren Beobachtungsjahren ist der Krankheitsverlauf ähnlich. Der Anteil der symptomlosen und gering geschädigten Pflöpflinge lag zwischen 5 und 10 %. Einige Ramets haben sich durch die Bildung neuer Triebe wieder erholt.

Symptomfreie Nachkommen machen berechtigte Hoffnung

Bei den Nachkommenschaften waren 2015 noch 78 % der ausgepflanzten Sämlinge (gesamt 818) symptomlos. Bis auf die Nachkommenschaft von FAM7 wurden bei allen Nachkommenschaften befallene Pflanzen festgestellt (Abbildung 4). In den folgenden Jahren ist der Anteil der symptomlosen Pflanzen gesunken. In 2018 zeigten einzelne Nachkommenschaften wieder mehr gesunde Pflanzen (Fam3, Fam9, MK15, MK41) oder gleichbleibende Werte (Fam15, MK106, MUR1). Diese Ergebnisse zeigen, dass



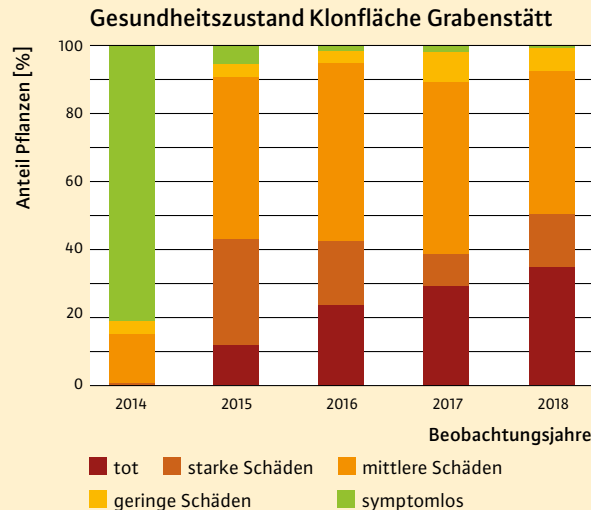
2 Höhenmessung

Foto: B. Fussi, AWG

langfristig Hoffnung für die Esche besteht, da in jeder Nachkommenschaft nach vier Beobachtungsjahren immer noch symptomfreie Eschenpflanzen vorhanden sind.

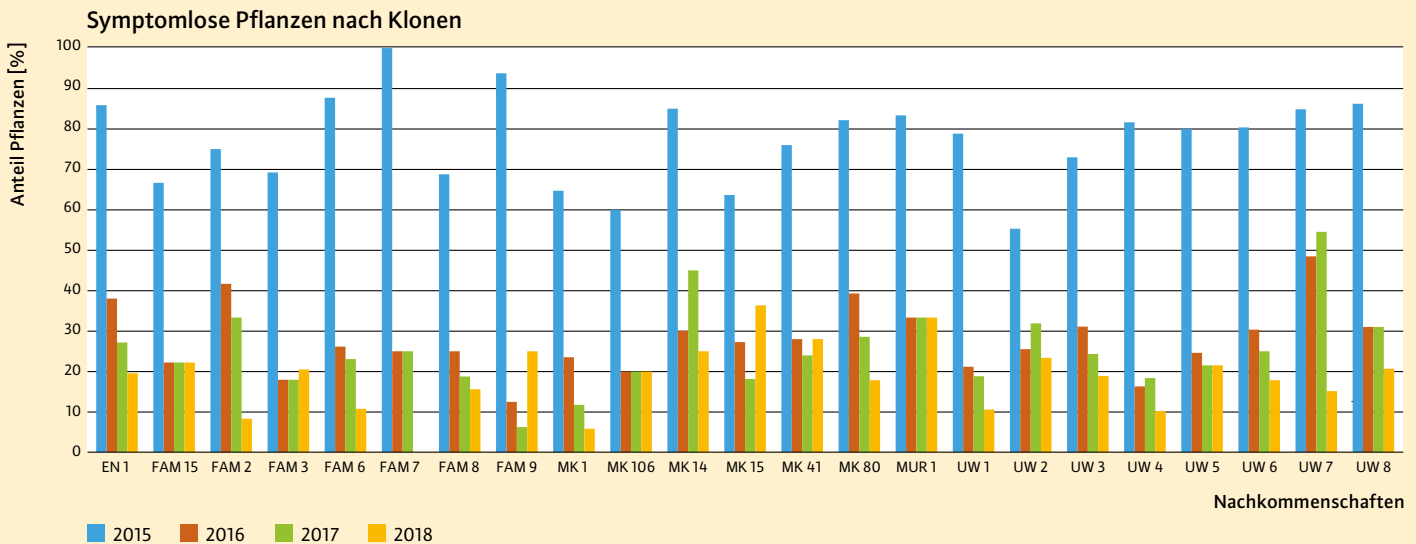
Resistenz-Marker gesucht

Gleichzeitig wird die Entwicklung neuer Marker zur Beurteilung der Resistenz sowie die Beobachtung einzelner genetisch determinierter Merkmale wie z. B. das Austriebsverhalten weiter intensiviert. In Zusammenarbeit mit der dänischen Forstuniversität wurde eine sog. GWAS-Studie ins Leben gerufen. Eine genomweite Assoziationsstudie (GWAS, engl. Genome-wide association study) ist eine Untersuchung der Variation des Genoms eines Or-



3 Gesundheitszustand der Klone auf der Fläche in Grabenstätt 2014 bis 2018

4 Anteil der symptomlosen Pflanzen je Nachkommenschaft auf der Fläche in Grabenstätt von 2015–2018; x-Achse mit Namen der Mutterbäume, von denen die Samen geerntet wurden;



ganismus. Sie ist darauf ausgelegt, einen bestimmten Phänotyp (z. B. eine Krankheit) mit einer bestimmten Genvariation in Verbindung zu bringen. Dabei werden zwei Gruppen gebildet – eine Gruppe, die das Merkmal, also die Krankheit, hat und eine Gruppe, die gesund ist. Das Ziel von GWAS ist es, eine bestimmte Genvariation zu identifizieren, welche gemeinsam mit einem Merkmal auftritt.

Genetische Untersuchungen und Feldversuche sind hier besonders eng verknüpft, da die Ergebnisse aus dem Labor im Feld getestet werden müssen. Um sicher zu gehen, dass die ausgewählten Plusbäume für zukünftige Züchtungs- oder Erhaltungsprogramme wirklich geeignet sind, sollten mehrjährige Beobachtungen unter starkem Infektionsdruck stattfinden. Das zu gewinnende Saatgut aus Samenplantagen soll eine hohe Resistenz, eine ausreichende genetische Vielfalt sowie gute Wuchseigenschaften aufweisen.

Trittsteine als Beitrag der Praxis zur Vernetzung von gesunden Eschen

In einem derzeit laufenden Projekt untersucht das AWG zusammen mit der Universität Eichstätt (Prof. Dr. Jochner-Oette) die effektive Pollenausbreitung bei der Esche. Die Bestandesdichte und der Abstand zwischen den Eschen trägt entscheidend zum Austausch des genetischen Materials zwischen den Bäumen bei. Um die gegenseitige Bestäubung von gesunden Eschen sicherzustellen, darf der Abstand nicht zu gross sein. Unzureichender Genfluss kann den Genpool eingengen und damit das Anpassungspotenzial zukünftiger Eschengenerationen negativ beeinflussen. Walbesitzer können einen wichtigen Beitrag zur Generhaltung leisten, indem sie gesunde Eschen in ihren Beständen erhalten.

Gesunde Eschen schonen, Mischbaumarten einbringen

Zur Förderung von natürlichen Resistenzbildungen sind forstliche Maßnahmen dringend erforderlich. Daher sollten langfristig angelegte Waldbauprogramme ein Hiebsverbot für gesunde Eschen einführen. Dadurch können die natürlichen Anpassungsprozesse über Naturverjüngung und Selektion weiterhin stattfinden. Um die Angst der Waldbesitzer vor dem Totalausfall zu reduzieren, sollten weitere Mischbaumarten z. B. Elsbeere, Flatterulme, Baumhasel oder Edelkastanie) auf den Flächen eingebracht werden.

Autorin

Dr. Barbara Fussi leitet das Sachgebiet Angewandte Forstgenetische Forschung am Amt für Waldgenetik. Kontakt: Barbara.Fussi@awg.bayern.de

Der die krummen Dinger liebt

Stefan gestaltet Holz – mit Swing und Schwung wie kein anderer

Michael Mößnang Wenn man Stefan Zaus' »Showroom« in seiner Schreinerei in Thierstein betritt und auf seine mit Kästchen und Schatullen gefüllten Regale blickt, dann kommt einem unweigerlich Friedensreich Hundertwasser in den Sinn. Hundertwasser war berühmt für seine geschwungene Architektur. Und Stefan ist vielleicht auf den Weg dorthin mit seinem Swing und Schwung, den er seinen zahlreichen Holz-Accessoires verleiht.

Ohne Ecken und Kanten

Wer bei einem Schreiner eine Kommode oder ein anderes Möbel bestellt, der hat normalerweise im Kopf: »125 cm lang, 85 cm hoch und 45 cm tief«. Dann geht der Schreiner her, nimmt ein Stück Brett und schneidet es mit der Kreissäge zurecht, wobei Waldkante, astige und schlechte Bereiche in den Abfall gelangen. Anders bei Stefan: Stefan achtet ganz besonders auf die »Besonderheiten«: »Ich sortier' mein Holz durch und schau: Wo sind die schönsten Äste und wo ist die gute Baumkante? Und das lass ich alles dran. Wenn man sowas im Blick hat, dann muss man schon mal außenrum sägen«.

Wie alles begann

Stefan Zaus (42) ist gelernter Zimmermann und lebt mit seiner Frau und seinen beiden Kindern im oberfränkischen Thierstein, Landkreis Wunsiedel. 2011 machte Stefan für seine Tochter aus einer Laune heraus ein kleines ovales Holzkästchen mit einer ebenso ovalen »Schublade«. Vielleicht noch nicht ganz so perfekt wie seine Nachfolgemodelle, aber seine Design-Idee war geboren und dieser ist er bis heute treu geblieben: »G'rad geht gar net«, lautet sein Motto.

Aus Alt mach Neu

Wenn man für seine Kreationen auf die »besonders schönen Fehler« achtet, dann braucht man bei der Holzauswahl gar nicht mehr allzu wählerisch sein, dann ist eher Kreativität gefragt. So braucht es keinen zu wundern, dass das 100 Jahre alte »Backöfele« als Schreinerware für Stefan geradezu ein Volltreffer war. Das 14 m hohe »Backöfele« stand fast 100 Jahre als eichener Aussichtsturm auf dem Schneeberg, der mit seinen 1.051 m ü.NN der höchste Berg im Fichtelgebirge ist. Baufällig und in die Jahre gekommen wurde das Backöfele durch einen neuen Holzturm ersetzt, der alte wanderte jedoch nicht ins Brennholz, sondern in Stefans Schreinerwaren-Lager. Und so hält es Stefan durchaus auch mit seinen anderen Holzwaren.

Jedes Teil ein Unikat

2011 entstand sein erstes Kästchen. In den folgenden Jahren perfektionierte Stefan die Produktion seiner Schatullen. 2015 machte er sich dann selbständig und erweiterte stetig seine Produktpalette. Die einzigartige Gestaltung und die fließenden Formen seiner



Foto: holzdesign-zaus

1 Stefan Zaus in seinem Ausstellungsraum 2 Das alte Backöfele auf dem Fichtelberg 3 4 5 Mit solchen kleinen geschwungenen Kästchen fing alles vor wenigen Jahren an. 6 7 8 Ob eine ganze Küche, die Besteckschublade oder der Messerblock: alles folgt seinem Motto: »Grad geht gar net« 9 Hier entsteht gerade ein kleines Kästchen. 10 Klang vom Feinsten: Stefans Musikkästchen gibt es von S bis L und XL. Und dazu passend der richtige Kopfhörerständer. Fotos: holzdesign-zaus (1, 3-10), D. Herrmann (2)



Kästchen spiegeln sich jetzt auch in Truhen, Schränken, Tischen und Bänken bis hin zum »Aquariumschrank« wieder. Daneben findet man in seinem Ausstellungsraum aber Musikanlagen und Kopfhörerständer der Premiumklasse oder einen dreidimensionalen Adventskalender der besonderen Art. Alle Möbelstücke werden auf Maß gefertigt und kein Teil gleicht dem anderen.

Der Kreativität ihren Raum geben

»Wennst an Bildhauer fragst, wie er aus an Stoablock an Engel macht, dann sagt er dir, dass du all's weghau'n muasst, was koa Engel is. Und irgendwie mach i des wohl auch a so, aber wia genau, des woäß i selber net«. Aber das ist auch gar nicht so wichtig. Seine Kreativität jedenfalls blieb auch anderen nicht verborgen. Und so hat ihn die Oberfränkische Handwerkskammer 2016 mit dem Design- und Erfinderpreis des Oberfränkischen Handwerks ausgezeichnet.

Unterwegs auf Ausstellungen, Märkten und Dulten

Natürlich präsentiert Stefan seine Möbel und Accessoires nicht nur in Thierstein. So ist Stefan auch auf Ausstellungen, Märkten und Dulten im heimischen Landkreis und auch außerhalb unterwegs. 2019 konnten Besucherinnen und Besucher seine Produkte in Abensberg auf der fast schon legendären »Kuchlbauer Turmweihnacht« bestaunen. Und damit befanden sich Stefans kleine und große Kästchen in allerbesten Gesellschaft. Der Abensberger Kuchlbauer Turm hat seine Wurzeln in dem Schaffen des weltbekannten Künstlers Friedensreich Hundertwasser, der dieses Bauwerk geplant, aber selbst nicht mehr vollenden konnte. Hundertwasser hätte seine Freude an Stefans Werken gehabt, da diese mit ihren runden Formen und organischen Linien den Vorstellungen des Künstlers von einem »Einklang mit der Natur« ganz und gar entsprachen.

Gebrandmarkt

Jedes Teil ist ein Unikat und jedes Schächtelchen hat seine eigene »Herkunftsgeschichte«. Die Geschichte brennt Stefan in Form eines modernen Brandzeichens – eines QR-Codes – in jedes seiner Produkte. Und wer es genau wissen will, wo denn das Holz seines Möbels herkommt, vielleicht sogar wo es gewachsen ist, der scannt seinen QR-Code ein und geht damit auf Stefans Holzdesign-Internetseite. Über den QR-Code gelangt man auf eine Karte, die uns zeigt, wo der Baum einmal gestanden hat oder das Holz hergekommen ist. Das kann die Birke aus Marktredwitz sein, die aus Sicherheitsgründen entfernt werden musste, das »Backöfele«, dieser alte abgebaute Holzturm auf dem Schneeberg oder die Mahagoni-Bretter, welche einst als Treppenstufen in just dem Kindergarten gedient hatten, welchen auch Stefan seinerzeit als Kind besucht hatte. Soviel noch zum Thema »upcycling«.

www.holzdesign-zaus.de

Foto: holzdesign-zaus

Frühjahrstrockenheit und Spätfrost

Niederschlag – Temperatur – Bodenfeuchte

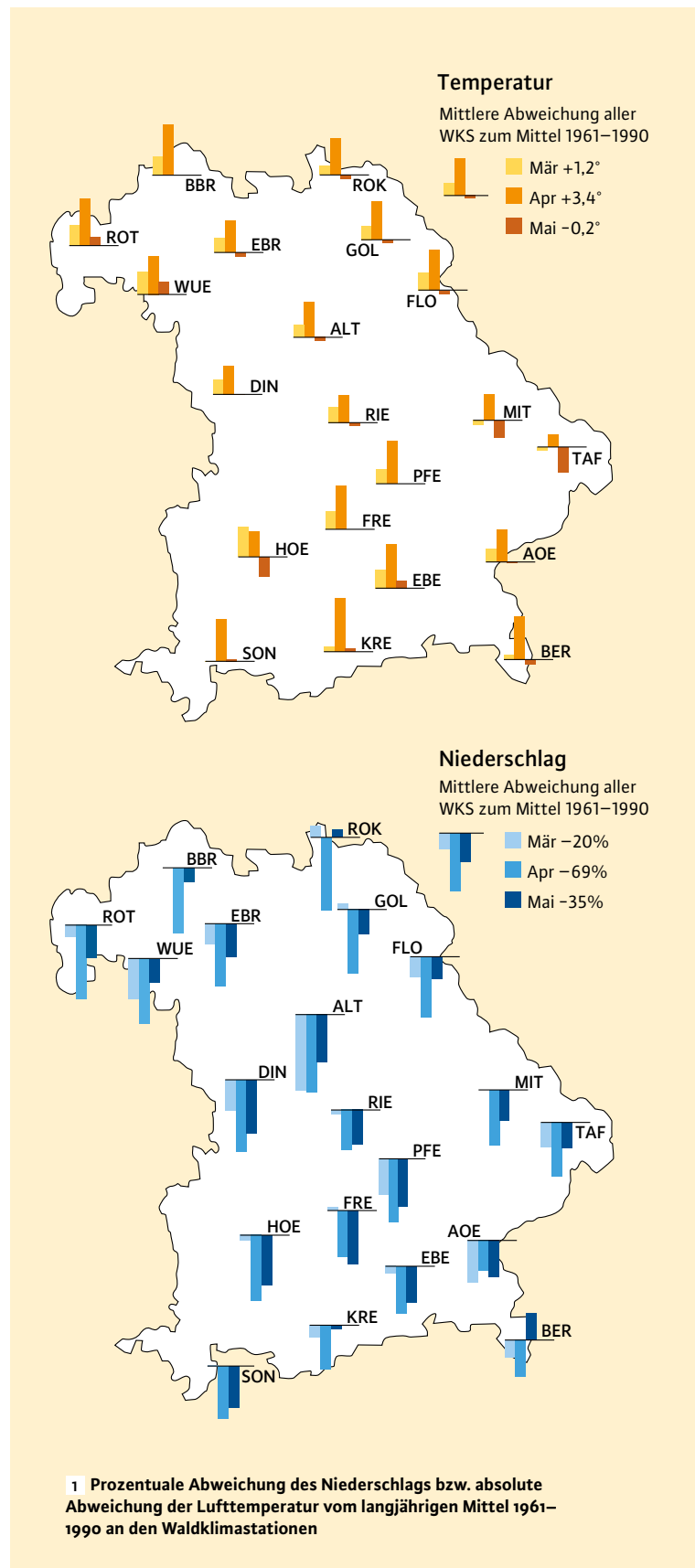
März

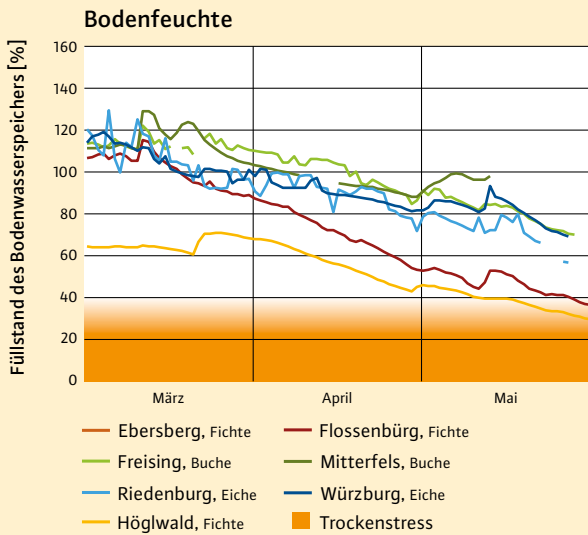
Der März 2020 war in Bayern insgesamt zu mild, gleichzeitig sehr sonnig und etwas zu trocken. Zwar schwächte sich die starke Tiefdrucktätigkeit über dem nordatlantisch-europäischen Raum deutlich ab, dauerte aber zunächst noch weiter an. Die wechselhafte Witterung mit vergleichsweise milden Temperaturen herrschte bis Monatsmitte vor. Danach bestimmte hoher Luftdruck mit viel Sonnenschein das Wettergeschehen. In der letzten Dekade wanderte ein Hochdruckgebiet über Nordeuropa hinweg ostwärts – eine Wetterlage, wie sie im gesamten Winter nicht vorgekommen war. Dadurch gelangte mit starkem Ostwind kalte Luft aus Nordosteuropa nach Bayern.

Der 1. März war noch relativ warm, dann gab es aber gleich einen kurzen Wintereinbruch (DWD 2020). Tiefdruckeinfluss gestaltete die erste Monatsdekade wechselhaft, wobei nur einzelne Regionen größere Regenmengen abbekamen. Die Bodenwasserspeicher an den Waldklimastationen (WKS) waren bis zu Monatsmitte bis auf die WKS Höglwald vollständig gefüllt (Abbildung 2). Tiefausläufer sorgten immer wieder zu Einbrüchen milder Luft, so dass an einigen Wetterstationen die 20 °C-Marke geknackt wurde. Am 12.3. kletterte das Quecksilber an der DWD-Klimastation Garmisch-Partenkirchen nach einem Minimum von -0,7 °C nachmittags auf 22,3 °C, zugleich nationaler monatlicher Temperaturrekord (DWD 2020). Durch die milden Temperaturen wies die Vegetation einen Vorsprung zum langjährigen Mittel auf. Die Blüte der Forsythie als Indikator für die phänologische Phase des Erstfrühlings trat bayernweit 14 Tage früher ein als im langjährigen Mittel (DWD

2020). Nachts kam es allerdings weiterhin häufig zu Frost. Ab der Monatsmitte dominierte dann Hochdruckeinfluss mit viel Sonnenschein. Mit einer östlichen Strömung kam trockene Festlandsluft polaren Ursprungs. Die Großwetterlage hatte sich damit von der wochenlang vorherrschenden Westwinddrift auf blockierende Hochdrucklagen umgestellt, sodass es nun für eine längere Zeit fast jeden Tag viel Sonnenschein gab und kein nennenswerter Regen mehr fiel. Die Lufttemperaturen stiegen wieder durch viel Sonnenschein tagsüber auf ein mildes frühlingshaftes Niveau. Die Bodenfeuchte ging an den Laubwald-Waldklimastationen aufgrund von Drainage durch die Schwerkraft nur leicht zurück, an der Fichten-WKS Höglwald und Flossenbürg dagegen deutlich stärker, eine Folge der hier schon wirksamen Transpiration (Abbildung 2). Zu Beginn der letzten Monatsdekade brachte eine Kaltfront mit Niederschlägen wieder einen vorübergehenden Temperaturrückgang. Am Nachmittag des 20. März kam es zu großen Temperaturunterschieden zwischen Nord- und Südbayern: Während das Thermometer um 15 Uhr in Hof schon 6 °C zeigte, waren es in Regensburg noch 20 °C. Am 21.3. um 15 Uhr konnte man in Regensburg nur noch 4 °C ablesen (DWD 2020).

Der März 2020 war mit 4,7 °C 1,8 Grad (WKS +1,2 °) wärmer als das langjährige Mittel (1961–90). In 140 Jahren war er mit 50,1 l/m² bayernweit ein durchschnittlicher Märzmonat, allerdings mit einem Fünftel gegenüber dem langjährigen Mittel 1961–90 unterdurchschnittlich (WKS -20 %). Südlich der Donau fiel -35 % zum langjährigen Mittel, während der Norden mit -31 % weniger Niederschlag abbekam. Ab Monats-





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

Waldklimastationen	Höhe ü.NN [m]	März		April		Mai	
		Temp. [°C]	NS [l/m²]	Temp. [°C]	NS [l/m²]	Temp. [°C]	NS [l/m²]
Altdorf (ALT)	406	4,3	5	10,4	4	11,4	35
Altötting (AOE)	415	4,6	31	10,4	46	11,6	59
Bad Brückenau (BBR)	812	2,1	73	9,0	17	9,1	75
Berchtesgaden (BER)	1500	-0,3	93	6,2	69	6,0	175
Dinkelsbühl (DIN)	468	3,8	32	9,1	8	10,9	23
Ebersberg (EBE)	540	4,0	46	9,7	31	10,6	58
Ebrach (EBR)	410	4,3	46	9,9	15	10,8	43
Flossenbürg (FLO)	840	1,9	43	8,4	16	9,0	58
Freising (FRE)	508	4,7	46	11,2	26	11,9	33
Goldkronach (GOL)	800	1,5	86	8,0	17	8,9	53
Höglwald (HOE)	545	6,2	49	9,7	16	10,1	40
Kreuth (KRE)	1100	1,3	107	8,5	70	8,2	165
Mitterfels (MIT)	1025	0,6	98	7,7	29	7,7	77
Pfeffenhausen (PFE)	492	4,5	29	11,4	14	12,3	36
Riedenburg (RIE)	475	3,9	38	9,4	24	11,0	39
Rothenkirchen (ROK)	670	1,5	84	8,1	9	8,9	77
Rothenbuch (ROT)	470	4,5	70,8	10,8	8	11,5	48
Sonthofen (SON)	1170	1,5	107	8,7	56	9,0	108
Taferlruck (TAF)	770	1,0	64	6,7	26	8,1	66
Würzburg (WUE)	330	5,9	26	11,3	12	13,2	44

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

mitte kam es in Oberfranken zu einer länger anhaltenden niederschlagsfreien Periode von 14 bis 19 Tagen. Ungewöhnlich zeigte insbesondere der Alpenbereich deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge. Die DWD-Station Kempten wies ab dem 14.3. sogar eine zweiwöchige niederschlagsfreie Periode auf (DWD 2020). Mit 176,6 Sonnenstunden war er der 6. sonnigste März seit 1951, fast die Hälfte (+48%) sonnenreicher als im langjährigen Mittel 1961–90.

April

Eigentlich gilt der April als launischer Monat, der einen bunten Mix von Graupelschauern, kühlen Temperaturen und Starkregen bis hin zu sonnigen, frühlingshaften Episoden bereithalten kann. Heuer entschied er sich für viel Sonnenschein und sommerliche Temperaturen und er setzte die Mitte März begonnene niederschlagsfreie Periode bis fast zum Ende des Monats fort. Meteorologen sprachen schon von einem Frühlingssommer. Die resultierende intensive Frühjahrstrockenheit war nach den Erfahrungen der letzten beiden Jahre mit ihren anhaltenden Dürreperioden wieder in allen Medien vertreten.

Hochdruckgebiete prägten weiterhin die Witterung. Viel Sonnenschein und kaum Niederschlag waren die Folge. Die Lufttemperatur fiel besonders im südwestlichen Alpenvorland überdurchschnittlich aus. Die Waldböden trockneten weiter aus (Abbildung 2). Die Bodenfeuchte an den Buchen-WKS nahm im Verlauf des Monats kontinuierlich ab, wenn auch noch nicht so stark wie an den Fichten-WKS. Die Waldbrandgefahr stieg mit zunehmender Trockenheit der Streu und des Oberbodens.

Zur Monatsmitte wurde in zahlreichen Gebieten die zweithöchste Waldbrandgefahrstufe erreicht, aber auch im Süden in den Alpen selbst. Vereinzelt kam es zu kleineren Waldbränden. Typisch für einen Frühjahrsmonat bei klarer Luft und fehlender Bewölkung waren die großen Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht. Stärkere Fröste blieben aber meist aus. Am 14. 4. kam es dann aber doch an der WKS Altdorf zu einem starken Frost über 8 Stunden nachts unter 0 °C, als Minimum wurde -6,5 °C erreicht, auch die folgende Nacht war wieder frostig, diesmal 12 Stunden unter dem Gefrierpunkt und als Minimum -4,1 °C. In der Folge waren die Kirschblüten erfroren. Am 21.4. blühten noch einige Nachzügler im phänologischen Garten, die in der Frostnacht noch nicht offen waren. Die Vegetation wies weiterhin einen leichten Vorsprung aus. Die Eschen trieben bayernweit am 9.4. aus, einen Tag früher als im langjährigen Mittel, bei der Rotbuche war es mit der Blättentfaltung am 12.4. soweit, hier sogar rund eine Woche früher (DWD 2020). Neben der intensiven Sonneneinstrahlung sorgte ab Monatsmitte ein starker böiger Ostwind für relativ hohe tägliche Verdunstungsraten. Erst in der letzten Aprilwoche stellte sich die Wetterlage um, häufige und teils ergiebige Niederschläge entspannten die kritische Lage aber nur etwas, wie die Messungen an den Waldklimastationen zeigten (Abbildung 2).

Mit 25,3 l/m² war der April 2020 der viertrockenste April (-64% zum langjährigen Mittel, an den WKS -69%). Nur 1893 war es mit 6,5 l/m², sowie 2007 mit 8,5 l/m² und 1946 mit 16,6 l/m² noch niederschlagsärmer in Bayern. Bei der Lufttemperatur wurde mit 10,3 °C immerhin noch Platz 6 der wärms-

ten Aprilmonate seit 1881 erreicht, 3,3 Grad wärmer (+3,4° an den WKS) als im langjährigen Mittel (1961–90). Wir erinnern uns: 2018 hatten wir den wärmsten April seit 1881 mit +5,5 °C-Abweichung. Deutschlandweit war es der sonnigste April seit 1951, in Bayern reichte es nach 2007 nur für Platz 2 mit 313,6 Sonnenstunden, damit allerdings fast das Doppelte der sonst üblichen Sonnenscheindauer (+93 %) (DWD 2020).

Mai

Wie schon im letzten Jahr beendete auch dieser Mai wieder eine längere Periode überdurchschnittlich warmer Monate (seit Juni 2019), allerdings mit dem großen Unterschied, dass er überwiegend zu trocken blieb. Er war gekennzeichnet durch einen Wechsel von kräftigen Hochdruckgebieten mit Tiefs und deren Ausläufern.

Kraftvolle Eisheilige

Nachdem in vergangenen Jahren die Eisheilige schon mal als »Schweißheilige« veräppelt wurden, machten sie heuer ihrem Namen wieder volle Ehre. Pünktlich zu Mamertus kam es zu einem Vorstoß polarer Kaltluft aus dem Norden. In der Nacht vom 11. auf den 12. Mai fiel das Thermometer für einige Stunden unter den Gefrierpunkt. Besonders hart traf es Buchen in höherer Höhenlage. An den höher im Mittelgebirge gelegenen Waldklimastationen Goldkronach im Fichtelgebirge (800 m ü.NN), Rothenkirchen am Rennsteig (670 m ü.NN), Mitterfels im Vorderen Bayerischen Wald (1.025 m ü.NN) sowie Flossenbürg im Oberpfälzer Wald (840 m ü.NN) wurde der Gefrierpunkt für 7–12 Stunden unterschritten und unterschritt als Minimum –4,0 °C. Aus dem Fichtelgebirge wurde berichtet, dass die Frostschäden in einer Höhenlage von 600–800 m ü.NN auftraten und geschätzt 30–40% der Buchen betrafen. Bayernweit hatte die Blattentfaltung zwar schon am 20.4. begonnen, aber in der Höhe fand die Blattentfaltung verzögert statt, so dass hier der Frost auf junge, wasserreiche Blätter traf und diese zum Absterben machte. Gerade austreibende und frisch ausgelebte Blätter sind viel frostempfindlicher als ältere Blätter. Burkhard Beudert vom Integrierten Ökosystemmonitoring berichtete von einem deutlichen Höhengradienten bei den Frostschäden an Buche im Nationalpark Bayerischer Wald. An der dortigen Racheldiensthütte (875 m ü.NN) und am Waldhäuser (950 m ü.NN) lagen die Temperaturen zwischen 23:00 und 8:00 für sechs bzw. 12 Stunden unter 0 °C. In den Höhenlagen unter 1.000 m ü.NN war der Laubaustrieb der Buchen schon weit fortgeschritten und Spätfrostschäden traten sehr vereinzelt auf, aber nicht flächig. Ganz anders in den höheren Lagen zwischen 1.000 und 1.200 m ü.NN. Die Daten von der Klimastation Waldschmitthaus auf dem Großen Rachel (1.350 m ü. NN) demonstrieren einen sehr steilen Temperaturgradienten mit der Höhenlage und die Härte des Frost sehr eindrücklich. Am Waldschmitthaus hielt er über 18 Stunden von 18:00 bis 12:00 des Folgetages an, mit einem Temperaturminimum von –6,2 °C und mit acht aufeinander folgenden Stunden unter –3 °C. Der Laubaustrieb war in Höhen über 1.000 m ü.NN noch nicht weit fortgeschritten, so dass man ein braunes Band von Buchen mit Spätfrostschäden gut 200 Höhenmeter mächtig oberhalb von 1.000 m ü.NN sehen konnte, das sich bis zur oberen natürlichen Verbreitungsgrenze erstreckte (siehe Foto). Beudert wies daraufhin, dass eine dauerhafte Schädigung der Buchen nicht angenommen werden muss, weil die bereits laufende Entwicklung der Johannestriebe die Belaubung und damit die Fotosynthese sicherstellen wird.

Lothar Zimmermann



Foto: S. Schrönghammer, NP Bayerischer Wald

Zu Monatsbeginn setzte sich der Einfluss atlantischer Tiefausläufer aus den letzten Apriltagen fort, so dass es bei wärmerer Witterung eine Neigung zu gewittrigen Niederschlägen gab (DWD 2020). Am 11.5. gab es dadurch in Unterfranken und besonders im Spessart Starkniederschläge. An der DWD-Klimastation Neuhütten fielen beispielsweise 46,7 l/m². Die Starkniederschläge traten nur kleinräumig in Erscheinung, sichtbar dass an der nahegelegenen WKS Rothenbuch im Spessart am 11.5. nur 3,4 l/m² gemessen wurden. Auch die Bodenfeuchte erholte sich kurzfristig an einigen Waldklimastationen wie Würzburg oder Riedenburg (Abbildung 2). Zu Beginn der zweiten Dekade drehte die Strömung auf nördliche Richtungen und eine Kaltfront brachte pünktlich zu den Eisheiligen einen Temperatursturz, der besonders an Buchen in Berglagen zu massiven Frostschäden führte (siehe Kasten). Ab Monatsmitte herrschte sommerlich warmes, sonniges Hochdruckwetter vor, nur selten von Niederschlägen unterbrochen. Mit Beginn der dritten Dekade sorgte ein atlantischer Tiefausläufer wieder für kühles Schauerwetter. Die Blüte des Schwarzen Holunders als Beginn der phänologischen Phase des Frühsommers fand bayernweit am 20.5. statt, der Vegetationsvorsprung aus den Vormonaten hatte sich damit auf sechs Tage verkürzt (DWD 2020). Oft fiel nur die Hälfte bis Zweidrittel des durchschnittlichen Niederschlags, durch die zeitlich gute Verteilung der Niederschläge war die Waldbrandgefahr im Mai aber nur selten erhöht. Der relativ geringe Niederschlag zeigte sich aber in der zum Monatsende weiter zurückgegangenen Bodenfeuchte (Abbildung 2). Die Fichten-WKS Höglwald und Flossenbürg erreichten den Trockenstressbereich, während sich die WKS Riedenburg mit ihren Eichen und Buchen noch außerhalb befand.

Bayernweit lag die Temperaturabweichung im Mai 2020 mit 11,6 °C nur 0,1 Grad (–0,2° an den WKS) unter dem langjährigen Mittel 1961–90. Beim Niederschlag fiel mehr als ein Drittel weniger (–35 %, an den WKS –35 %), wobei die stärksten negativen Abweichungen (–75 bis –50 %) besonders im nördlichen Schwaben sowie im nordwestlichen Oberbayern und im Bereich des Altmühltals auftraten, während der Norden mit maximal einem Viertel weniger deutlich näher am langjährigen monatlichen Soll lag. Die Sonne schien mit rund 222 Stunden 15 % mehr als normal.

Frühjahr

Das Frühjahr 2020 war mild, sehr trocken und extrem sonnenscheinreich. Mit 8,8 °C war es in Bayern trotz des im Klimamittel liegenden Mai überdurchschnittlich warm, 1,6 Grad wärmer im Mittel 1961–90. Damit erreichte das Frühjahr heuer zwar nur Platz 19 der wärmsten Frühjahre seit 1881. Beim Niederschlag machte sich die sechswöchige Trockenperiode ab Mitte März bemerkbar, die erst Ende April und Anfang Mai beendet wurde. Alle drei Frühlingsmonate waren beim Niederschlag unterdurchschnittlich. Mit nur 134 l/m² fiel 40 % weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel, so dass es das 6.trockenste Frühjahr in den letzten 140 Jahren war. Den Rekordplatz im Mai 2020 erreichte aber die Sonnenscheindauer mit Platz 3 seit 1951, mit fast 695 Stunden lag sie fast um die Hälfte höher als das Soll.

Literatur

DWD (2020): Monatlicher Klimastatus Deutschland März + April + Mai 2020. 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



Die Brutbilder der wichtigsten Forstinsekten

Brutbilder sind die durch die Nagetätigkeit von Forstinsekten verursachten Spuren an Bäumen. Dieser Feldbestimmungsschlüssel ermöglicht es, ca. 100 der häufigsten Forstinsekten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz anhand der Brutbilder korrekt zu identifizieren. Der Einstieg erfolgt über Abbildungen von den in Holz oder Rinde erkennbaren Spuren. Die mithilfe eines einfachen Schlüssels erkannten Forstinsekten werden in einem Kurzporträt vorgestellt. Dieser einzigartige Feldbestimmungsschlüssel ermöglicht einen vollständig neuen Zugang zu den wichtigsten Forstinsekten.

Wolfgang Rohe: **Die Brutbilder der wichtigsten Forstinsekten – Feldbestimmungsschlüssel für Deutschland, Österreich und die Schweiz.** Quelle und Meyer Verlag 2019, 224 S. 14,95 Euro. ISBN: 978-3-494-01793-8



Der Eichenprozessionsspinner

Der Eichenprozessionsspinner ist ein heimischer Nachtfalter, der sehr verbreitet ist und zunehmend zu Massenvermehrungen neigt. Die Raupen des Falters sind für Mensch und Tier wegen ihrer Allergien auslösenden Brennhaare gefährlich. Die Autoren stellen den Eichenprozessionsspinner anhand seiner Biologie, seines Vorkommens und seiner typischen Merkmale ausführlich vor, ebenso seine Schäden. Behandelt wird auch ein Eichenprozessionsspinner-Management, welches aus Präventiv- und Akutmaßnahmen besteht. Die Autoren haben zudem ein Heißwasserverfahren zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners entwickelt, das ganz ohne Gift auskommt.

Wolfgang Rohe, Lars Schwarz und Denis Ekarius: **Der Eichenprozessionsspinner – Vorkommen – Gefahr – Bekämpfung.** Quelle und Meyer Verlag 2020, 152 S. 19,95 Euro. ISBN: 978-3-494-01827-0



Das Ameisenkollektiv

Das komplexe Zusammenleben der Ameisen und ihre verblüffenden Fähigkeiten, miteinander zu kommunizieren, inspirierten den Autor zu einem ungewöhnlichen Projekt: In vollständig am Computer geschaffenen 3-D-Zeichnungen gibt er uns tiefe Einblicke in das Staatswesen der Großen Roten Waldameise. Die innovativen digitalen Illustrationen sind vollgepackt mit Informationen über Biologie, Ökologie und Verhalten der winzigen Insekten. Ergänzt werden sie durch fundierte Infotexte, die auf besonders gelungene Weise in die Bilder eingebunden sind.

Armin Schieb: **Das Ameisenkollektiv. Entstehung und Organisation eines Volkes der Roten Waldameise.** Franckh Kosmos Verlag 2020, 128 S. 35,00 Euro. ISBN: 9783440168875



Generationenvertrag Wald

Der untrennbare Zusammenhang zwischen jetzt und früher manifestiert sich besonders deutlich im Wald. Bäume spannen wegen ihrer Langlebigkeit einen epochalen Bogen von der Vergangenheit in die Zukunft. Waldwirtschaft umfasst Zeiträume, die weit über den eigenen Erfahrungshorizont einzelner Menschen hinausreichen: Eine Waldgeneration überdauert mehrere Menschengenerationen. Wer Bäume pflanzt, tut dies zum Wohle der Urnelk. Und wer alte Bäume erntet, nutzt, was die Vorfahren gepflanzt haben. Ein Generationenvertrag mit der Hoffnung auf ein gütiges Urteil. Entlang der Kulturgeschichte wandeln sich Werte, Ansprüche und Methoden, mit denen Menschen ihre Umwelt gestalten. Davon bleibt auch der Wald nicht verschont. Und der hat ein gutes Gedächtnis.

Ulrich Sauter: **Generationenvertrag Wald – Verantwortung und Leidenschaft.** Kunstverlag Schweineberg, 196 S. 29,90 Euro. ISBN: 978-3-943431-09-4



HOTSPOT

Seit über 20 Jahren gibt es HOTSPOT, die Zeitschrift des Forum Biodiversität Schweiz. Als im Jahr 1999 die Akademie der Naturwissenschaften das Forum Biodiversität ins Leben rief, sprach in der Schweiz, aber auch im restlichen Europa kaum jemand von Biodiversität. Heute ist das anders – Biodiversität ist in der Gesellschaft angekommen. HOTSPOT und das Forum Biodiversität Schweiz setzen sich als wissenschaftliches Kompetenzzentrum für die Biodiversität in der Schweiz ein und pflegen den Dialog zwischen Wissenschaft, Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

HOTSPOT. Herausgeber: Forum Biodiversität Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT), Bern. Erscheint zweimal jährlich kostenlos unter: www.biodiversity.ch



Friedo Berninghausen: **Welche Kaulquappe ist das?** Herausgeber: Berninghausen-Stiftung. 43 S., wasserfestes Ringbuch: 19 x 10 cm. 22,90 Euro. ISBN: 978-3-00-062912-9

Welche Kaulquappe ist das?

Amphibien stehen unter Naturschutz. Deshalb sollten sie direkt am Fundort, so schonend wie möglich bestimmt werden. Mit diesem wasserfesten Bestimmungsschlüssel lassen sich schonend alle in Deutschland heimischen Arten bereits schon im Larvenstadium schnell und sicher bestimmen. Zahlreiche klare Bilder und kurze Beschreibungen sichern eine eindeutige Zuordnung. Ein leicht erkennbares Merkmal ist für jeden Bestimmungsschritt angeben.

Nächste Ausgabe

4 | 2020

Impressum

Herausgeber:

Olaf Schmidt für die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Prof. Dr. Volker Zahner für das Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising
Telefon: 08161 4591-0, Telefax: 08161 4591-900
www.lwf.bayern.de, www.forstzentrum.de, redaktion@lwf.bayern.de

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

Redaktion: Michael Mößnang

Christoph Josten (Zentrum Wald-Forst-Holz)

Dr. Muhidin Šeho (Amt für Waldgenetik)

Gestaltung: Christine Hopf

Bezugspreis: EUR 5,- zzgl. Versand

für Mitglieder des Zentrums Wald-Forst-Holz Weihenstephan e.V. kostenlos

Mitgliedsbeiträge: Studenten EUR 10,-/Privatpersonen EUR 30,-/

Vereine, Verbände, Firmen, Institute EUR 60,-

Jahrgang: 26. Jg.

Erscheinungsweise: Viermal jährlich

Erscheinungsdatum: 15. Juli 2020

Auflage: 2.800 Stück

Druck und Papier: PEFC zertifiziert

Druckerei: ColorDruck Solutions GmbH, Leimen

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.

Störungsflächen

Störungsflächen im Wald entstehen aus sehr unterschiedlichen Gründen. Meist sind es Sturm- oder Nassschnee-Ereignisse, die das Waldgefüge stören. Oft folgen auf solchen witterungsbedingt entstandenen Flächen forstlich relevante Schädlinge oder auch Bodenvegetation in einer nicht erwünschten Dichte. In den letzten Jahren stressen auch Klimaerwärmung und Trockenheit die Waldbäume. Beispiele sind das Kiefernsterben in Mittelfranken sowie vermehrte Ausfälle von Altbuchen in den fränkischen Regierungsbezirken. Diese Störungen schlagen sich nicht nur auf der ökologischen Seite nieder. Auch ökonomisch und gesellschaftlich sind solche Störungsflächen eine Herausforderung. Auf der ökonomischen Seite gilt es, Wege einer kostengünstigen Schadholzaufarbeitung zu finden und die Flächen wieder in Bestockung zu bringen. Gesellschaftlich heißt es, die Waldarbeiter bei ihren Tätigkeiten auf diesen Flächen zu schützen, aber auch den Waldbesuchern einen sicheren Aufenthalt im Wald zu gewährleisten. Geht doch von absterbenden und toten Altbuchen eine nicht zu unterschätzende Gefahr aus.