

# Wälder im Klimawandel

Interdisziplinäre Forschung über ökologische Folgen und Anpassungsoptionen

Camilla Wellstein und Carl Beierkuhnlein

**Der bayerische Forschungsverbund FORKAST »Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien« untersucht mit einem Schwerpunkt auch Waldbäume und Waldökosysteme. Wälder stellen eine der wichtigsten natürlichen Ressourcen dar. Sie tragen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, zur Wasserqualität und zur Klimastabilität bei. Die prognostizierten Klimaänderungen werden sich nachhaltig auf die Ökologie und die ökosystemaren Dienstleistungen heimischer Wälder auswirken. Es zeichnet sich ab, dass diese Veränderungen und vor allem die Reaktionen von Organismen und Ökosystemen eine der größten Herausforderungen für die Entwicklung von Anpassungsstrategien darstellt.**

Die mit Wäldern befassten Forschergruppen in FORKAST generieren durch disziplinenübergreifende Forschung Wissen, welches angesichts der erwarteten neuartigen Umweltbedingungen zeitnah hilft, optimierte Ansätze der Waldgestaltung zu entwickeln. Unsicherheiten bezüglich der ökologischen Auswirkungen des Klimawandels ergeben sich nicht nur aus der Erwärmung, sondern vor allem durch zunehmende Klimavariabilität und -extreme. Einzelne Ereignisse wie die frühen Morgenstunden der Spätfrostnacht am 4. Mai 2011 oder zeitlich begrenzte Phasen mit außergewöhnlichen Bedingungen wie der von einer extremen Dürre begleitete Hitzesommer im Jahr 2003 sind es, die sich ökologisch und teils nachhaltig – leider im negativen Sinne – auswirken. Die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse nimmt mit dem Klimawandel zu. Es sind nun genau solche extremen Bedingungen, die unzureichend in den existierenden regionalen Klimamodellen abgebildet werden. Aus der Vergangenheit können sie nicht abgeleitet werden und sie erst dann zu analysieren, wenn sie aufgetreten sind, ist für eine Anpassung forstwirtschaftlicher Strategien zu spät.

Verbundforschung wird genau dort benötigt, wo komplexe Systeme nicht hinreichend verstanden werden. Die ökologischen Auswirkungen des Klimawandels sind ein solcher Fall. Ist inzwischen gut bekannt, welche Konsequenzen die Freisetzung klimawirksamer Gase in die Atmosphäre haben wird, so sind die ökologischen Auswirkungen dieser Entwicklungen keinesfalls gut einzugrenzen. Genau dies muss aber ermöglicht werden, wenn den sich abzeichnenden Risiken (und Chancen) begegnet werden soll.

## Forschungsbedarf zur Reaktion von Organismen

Wuchsbedingungen werden sich durch ansteigende Temperaturen, veränderte Niederschlagsmuster und durch erhöhte Klimavariabilität innerhalb dieses Jahrhunderts dramatisch verändern. Wie Arten und Bestände der Wälder auf einen solchen Klimawandel reagieren, ist ungewiss. Explizit fehlt Wissen zum Anpassungspotential von Baumarten an klimatische Extremereignisse und deren gegenseitige Verstärkung,

beispielsweise Dürre und Spätfrost. Dabei ist insbesondere das Potential der innerartlichen phänotypischen und genetischen Variabilität von Arten wenig erforscht.

Um bessere Einschätzungen über die Reaktion ausgewählter Artengruppen der Fauna und Flora einschließlich der Pilzflora zu erhalten, untersucht FORKAST Teilprojekt (TP) 02 (Prof. Fischer et al.) anhand von Höhengradienten in naturnahen Waldökosystemen Zusammenhänge zwischen Mittel- und Extremtemperaturen und ausgewählten Artengruppen. TP 03 (Prof. Bräuning et al.) untersucht für die stärksten Trockenjahre des 20. Jahrhunderts anhand zeitlich hochauflösender Jahrringuntersuchungen, wie lange die Erholungsreaktion der Waldbaumarten Rotbuche und Traubeneiche gedauert haben. TP 01 (Prof. Beierkuhnlein et al.) untersucht in Klimawandelexperimenten Plastizität und Anpassung verschiedener Herkünfte wichtiger Baumarten bezüglich Erwärmung und klimatischer Extremereignisse. TP 10 (Prof. Menzel et al.) prüft, wie sich klimatische Extremereignisse auf die Phänologie von Baumarten, beispielsweise deren Austreiben und Blattentfaltung, auswirken.

## Ergebnisse zu Artengruppen und Hauptbaumarten

Blaschke et al. (S. 6–8 in diesem Heft) bestätigen den Einfluss der Höhenlage auf die Artenzusammensetzung verschiedener Artengruppen. Für im Holz lebende (xylobionte) Käfer und Schnecken waren Klimaextreme relevant. Die Untersuchungen zielen darauf, nach Möglichkeit Klimaschwellenwerte für Arten abzuleiten. Dies ist insbesondere für eine Modellierung der Temperaturansprüche forstlich relevanter Schadinsekten (Borkenkäfer) und Pilze (Hallimasch und Feuerschwämme) und somit für Risikoabschätzungen bezüglich der Baumarten wichtig.

Meinardus und Bräuning (S. 9–11 in diesem Heft) berichten über Unterschiede in der Erholungsreaktion von Rotbuche und Traubeneiche nach Trockenperioden. Aus den Untersuchungen soll abgeleitet werden, ob die genannten Baumarten bei einer zu erwartenden höheren Intensität und Frequenz extremer Dürreereignisse langfristige Überlebensperspektiven

an stark trockengefährdeten Standorten haben oder ob an einen langfristigen Umbau der Baumartenzusammensetzung gedacht werden muss. Die erhobenen Daten gehen weiterhin in Waldwachstumsmodelle anderer Projektpartner ein.

Kreyling et al. (S. 12–14 in diesem Heft) konnten Nachweise zur lokalen Anpassung von Baumarten an Extremereignisse erbringen. Es zeigte sich, dass sich die Dürretoleranz der Rotbuche signifikant zwischen verschiedenen europäischen Herkünften unterscheidet. Unterschiede von Herkünften in der Spätfrosttoleranz zeigten sich bei Rotbuche, Schwarzkiefer und Flaumeiche. Beobachtungen während des Spätfrostereignisses im Mai 2011 weisen darüber hinaus auf die Bedeutung des »timings«, insbesondere der Blatt-Phänologie, im Zusammenhang mit auftretenden Extremereignissen hin. Dass mit solchen Verschiebungen im »timing« in Zukunft häufiger gerechnet werden muss, belegen Schleip et al. (S. 15–18 in diesem Heft). Extrem warme Frühjahrstemperaturen führen zu einem verfrühten Blattaustrieb. Dies wiederum erhöht das Risiko von Spätfrostschäden.

### Standards zur Einschätzung von Klimaextremen fehlen

Änderungen der klimatischen Bedingungen eines Standorts, vor allem jedoch Veränderungen von klimatischen Extremereignissen, wirken sich auf Bestandesstrukturen und Verjüngung von Wäldern aus und beeinträchtigen so deren Produktivität und ökologische Serviceleistungen. Insbesondere Extremereignisse, wobei deren Häufigkeit, Dauer und Intensität entscheidend sind, bestimmen wesentlich Struktur und Mortalität in Waldökosystemen. Generell lässt sich feststellen, dass Standards zur Einschätzung relevanter klimatischer Extreme in der Forstwirtschaft fehlen. Mette et al. (S. 19–21 in diesem Heft) prüfen die Anwendbarkeit der wichtigsten derzeit verwendeten Dürreindizes und schaffen damit eine Grundlage für zukünftige Entwicklungen zur Beurteilung des Dürrestresses von Wäldern.

### Modellierung benötigt konzeptionellen und empirischen Input

Die prozessbasierte Modellierung kann insbesondere auf Bestandes- und Landschaftsebene das Verständnis von Klimafolgen in Waldökosystemen verbessern. Extremereignisse wirken direkt als Störungsregime auf Wälder, zum Beispiel Windwurf oder Dürren; indirekt können sie weitere Störungen wie zum Beispiel Borkenkäferkalamitäten begünstigen. Daher sollte die konzeptionelle Einbindung komplexer Prozess-Interaktionen wie beispielsweise Dürre und Borkenkäferkalamitäten in Waldmodelle erfolgen. Weiterhin wird ebenso wie in der organismischen Forschung zunehmend die Wichtigkeit innerartlicher Variabilität erkannt. Innerhalb einer Baumart können Individuen und Populationen beispielsweise unterschiedliche Dürretoleranz aufweisen.

Die Waldforschung in FORKAST erbringt hier Integrationsleistung: Empirische Daten aus Monitoring und Experimenten sowie konzeptionelle Entwicklungen der Teilprojekte gehen in die übergreifende Modellierung ein. TP 13 (Prof. Pretzsch et al.) modelliert schwerpunktmäßig Mortalitätsprozesse und Baumartenveränderungen auf Bestandesebene. TP 14 (Prof. Reineking et al.) modelliert Störungsinteraktionen und innerartliche Variabilität. Beide Projekte haben zum Ziel, ein besseres Verständnis der Belastbarkeit und Resilienz von Waldökosystemen unter Klimawandel zu erreichen.

Dolos und Reineking (S. 22–24 in diesem Heft) zeigen eine konzeptionelle Darstellung der Interaktionen der wichtigsten Störungsregime bayerischer Wälder. Insbesondere gehen sie auf die Populationsdynamik des Borkenkäfers und dessen Interaktionen mit anderen Störungen ein.

### Strategien für Anpassungsoptionen

Die Forstwirtschaft unseres Jahrhunderts steht vor der Herausforderung, trotz verschiedener Entwicklungsoptionen (Szenarien) und entsprechend unterschiedlicher Klimaprognosen Entscheidungen für den Wald von morgen treffen zu müssen. Auf Grund dieser prognostischen Unsicherheiten einerseits und dem noch immer geringen Wissen zu der Reaktion von Arten und ihrer lokalen Bestände andererseits ist dies mit Unsicherheit behaftet. Eine verbesserte Einschätzung der Reaktion von Organismen (Projektziel von FORKAST) kann Orientierung bieten. Die Ergebnisse von FORKAST belegen das Potential der biologischen und genetischen Vielfalt der Organismen. Es bedarf des Erhalts und der Stärkung dieser Vielfalt, um die Funktionalität von Ökosystemen in einer sich ändernden Welt zu erhalten. So betrachtet hat auch eine ökonomisch leistungsfähige Forstwirtschaft das Potential, mit der Vielfalt ihre eigene Zukunftssicherung zu unterstützen.

Dr. Camilla Wellstein, Lehrstuhl für Biogeografie an der Universität Bayreuth, ist wissenschaftliche Koordinatorin des Forschungsverbundes FORKAST. [camilla.wellstein@uni-bayreuth.de](mailto:camilla.wellstein@uni-bayreuth.de)  
Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein, Lehrstuhlinhaber des Lehrstuhls für Biogeografie, ist Leiter des Forschungsverbundes FORKAST. [carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de](mailto:carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de)

Die Ergebnisse der nachfolgenden Beiträge sind im Rahmen von Teilprojekten innerhalb des Forschungsverbundes FORKAST entstanden. Der Forschungsverbund FORKAST »Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien« wird aus Mitteln des Klimaprogramms Bayern 2020 finanziert. Weitere Informationen unter: <http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/forkast/>

