



Foto: Simon Norröck (GEO-Tag der Artenvielfalt, 2008 im Nationalpark Bayerischer Wald)

Abb. 1: Vom Buchdrucker befallene Fläche nach wenigen Jahren mit Verjüngung. Enorme Förderung der Biodiversität durch die Zunahme von Licht, Wärme und großen Mengen an diversem Totholz (stehen, liegend, verschiedene Dimensionen und Zersetzungsgraden).

Mit der Lizenz zum Töten

Als Agenten im Auftrag des grünen Empires gestalten Borkenkäfer die Wälder [1]

Claus Bässler, Marco Heurich, Karl-Heinz Englmaier

Borkenkäfer-Massenvermehrungen haben in Europa und Nordamerika deutlich zugenommen und werden aller Voraussicht nach auch in Zukunft weiter zunehmen. Weltweit sind Forscher aktiv, um die Dynamik besser zu verstehen. Sicher ist allerdings heute schon, dass Störungsereignisse durch Borkenkäfer keine „ökologische Katastrophe“ darstellen.

Starke Zunahme an Borkenkäferflächen in Europa

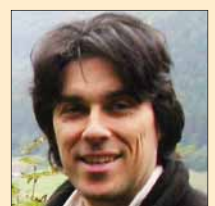
Weltweit neigen Nadelwaldsysteme natürlicherweise zur Störung durch Wind, Feuer oder Insekten [2]. Auch für Europa ist nachgewiesen, dass Borkenkäfer in historischer Zeit größere Flächen an Nadelwäldern befallen haben [3]. Allerdings

sehen sich Waldbesitzer und Förster seit Jahren mit einer deutlichen Zunahme an Borkenkäferkalamitäten konfrontiert. Einer europäischen Studie zufolge betrug die mittlere jährliche Menge an Borkenkäferholz zwischen 1950 und 2000 ca. 2,9 Mio m³ [3]. Alleine im Zeitraum zwischen 1991 und 2000 lag die mittlere jährliche Menge bei 6 Mio m³. Nach aktuellen

Ergebnissen von RUPERT SEIDL, Universität Wien, wurde mit knapp 15 Mio m³ pro Jahr zwischen 2002 und 2010 das Niveau der davor liegenden Dekaden deutlich

Dr. C. Bässler ist Mitarbeiter im Sachgebiet Forschung und zuständig für Klimatologie und Mykologie Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald.

Dr. M. Heurich ist Stellvertretender Sachgebietsleiter Forschung, K.-H. Englmaier Dienststellenleiter im Nationalpark Bayerischer Wald.



Claus Bässler
claus.baessler@npv-bw.bayern.de

überschritten. Eine ähnliche Entwicklung wurde im westlichen Nordamerika beobachtet. Hier wurden innerhalb von 10 Jahren 47 Mio ha Nadelwälder von Borkenkäfern befallen, wie KENNETH RAFFA von der Universität Wisconsin deutlich machte (Abb. 2 [4]).

Ein hausgemachtes Problem?

Die Zunahme der Borkenkäferflächen in den letzten Jahren wird häufig mit dem Klimawandel erklärt, da höhere Temperaturen unzweifelhaft die Populationsentwicklung beschleunigen und zusätzlich zunehmende Trockenheit zur gesteigerten Disposition der Wirtspflanzen führt. Es lässt sich allerdings ein zweiter Faktorenkomplex identifizieren, welcher den Effekt des Klimawandels auf die bislang beobachtete Borkenkäferentwicklung sogar leicht übersteigt – die veränderte Landnutzung [5].

Eine deutliche Zunahme von Nadelwaldflächen, insbesondere aber der Vorräte sekundärer Nadelwälder seit dem Ende des zweiten Weltkrieges, hatte ein deutlich gestiegenes Brutraumangebot zur Folge und führte zwangsläufig zu einem höheren Schadenspotenzial. Dies wird noch durch die Altersentwicklung verstärkt. Großteile dieser Wälder sind aktuell reife Bestände, geprägt durch erhöhte Borkenkäferdisposition und erhöhtes Windwurfisiko. Die prognostizierte Klimaerwärmung (weltweit im Mittel zwischen 1,8 bis 4,0 °C [6]) sowie die Zunahme befallsdisponierter Fichtenbestände quer über Europa lassen den Schluss zu, dass noch in diesem Jahrhundert mit einer weiteren deutlichen Zunahme von Borkenkäferstörungen zu rechnen ist.

Das Auftreten von Gradationen besser verstehen

Die Borkenkäferdynamik ist durch Extreme charakterisiert. Bei geringer Populationsdichte scheitern die Käfer häufig an den Abwehrmechanismen vitaler Bäume und haben daher nur geringen Bruterfolg (Abb. 3). Hier kommen sie fast nur an vom Wind geworfenen oder gebrochenen Bäumen zum Erfolg. Bei Massenvermehrung dagegen spielen günstige Witterung und gesteigerte Disposition der Bestände keine entscheidende Rolle mehr, der massive Angriff überwindet auch die Abwehr vitaler Bäume, so RAFFA. Bei Massenauftritt ist dann auch sekundär, ob Bestände besonders borkenkäferexponiert sind oder ob die Witterung besonders günstig ist [4]. Interessanterweise befallen die Borkenkäfer bei Massenvermehrung eher Bäume mit hoher Abwehrkraft und

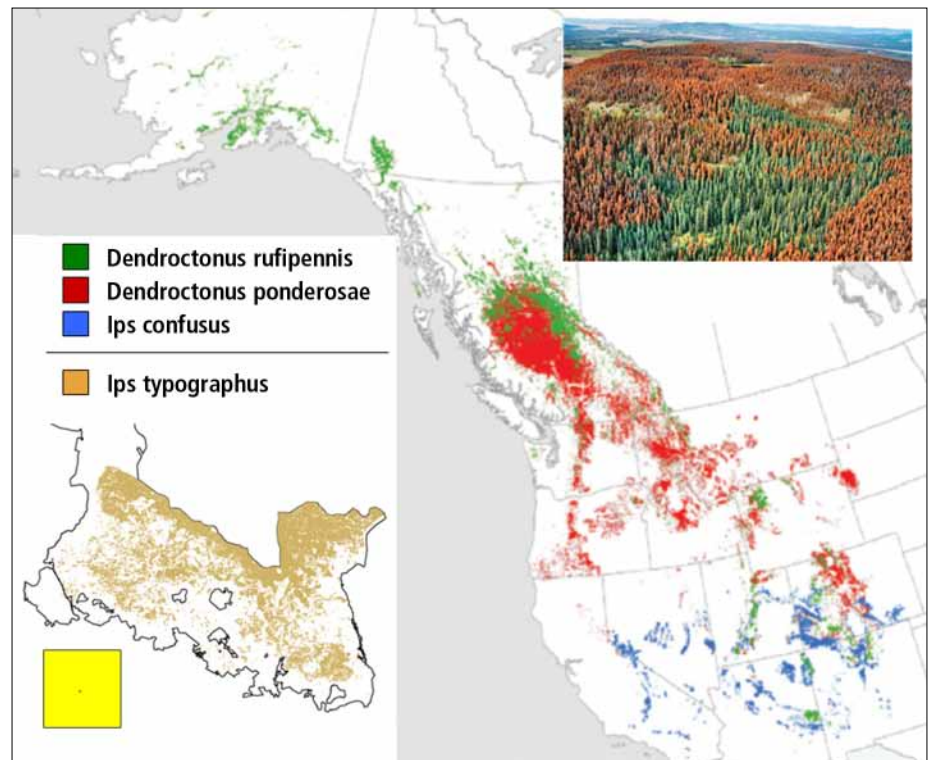


Abb. 2: In den letzten Jahren entstandene Befallsflächen durch verschiedene Borkenkäferarten in West-Nordamerika (47 Mio ha; verändert nach RAFFA et al. 2008). Links unten: Kartenausschnitt des Nationalparks Bayerischer Wald (Rachel-Lusen-Gebiet, 13 300 ha) und den vom Buchdrucker betroffenen Flächen (braun). Das gelbe Quadrat repräsentiert ungefähr die Flächengröße Deutschlands und der rote Punkt in der Mitte die des Nationalparks Bayerischer Wald.

überwinden diese mit synchronisierten Attacken bei extrem hohen Individuenzahlen [7]. Auf diesem Level sind gerade die vitalen Bäume für die Käfer von Vorteil. Durch ihren höheren Phloemanteil ermöglichen sie bessere Bruterfolge als das an gestressten Bäumen der Fall ist [7]. Wie hochflexibel der Käfer gerade auch in kälteren Mittelgebirgen agiert, zeigte AXEL GRUPPE: bis nahezu 50 % der F1-Generation flog nach vollzogener Entwicklung zum Jungkäfer nicht im gleichen Jahr aus, sondern ging in die Überwinterung, um zeitig im Frühjahr mit dem Schwärmflug beginnen zu können.

Über Schwellenwerte und Skalen

Für Massenvermehrungen müssen verschiedene Schwellenwerte auf den Skalen Baum, Bestand und Landschaft überschritten werden. Die Wirkung von populationsbegrenzenden Einflussgrößen nehmen dabei nach oben ab [4]. Diese Dynamik ist wechselseitig, da entsprechende Strukturen auf Landschaftsebene die Gradationsprozesse verstärken oder puffern können. RAFFA folgerte, dass der Klimawandel sowie die reduzierte Heterogenität der Wälder die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass diese Schwellenwerte in Zukunft häufiger überschritten werden [4].

Hinterlässt der Borkenkäfer eine ökologische Wüste ...

Nach großflächigen Störungsereignissen wie z. B. Borkenkäferbefall werden Schutzgebietsverwaltungen nicht selten mit dem Vorwurf konfrontiert, dass das Zulassen derartiger Prozesse zu einer „ökologischen Wüste“ führt. Hierzu lässt sich zuallererst feststellen, dass Störungsereignisse auf der Landschaftsebene, seien sie nun durch Borkenkäfer oder Feuer verursacht, zu einer Steigerung der Habitatvielfalt führen. Das konnte für den 24 000 ha großen Nationalpark Bayerischer Wald nach großflächigem Borkenkäferbefall gezeigt werden. Selbst bei alleiniger Betrachtung des Rachel-Lusen-Gebietes, welches durch die Borkenkäfergradationen am meisten betroffen ist (> 6 000 ha, [8], Abb. 1), lag der Anteil der vom Borkenkäfer befallenen Flächen unter 50 % [9]. Auch dass die Brände im Yellowstone in den 1980er-Jahren auf mehreren tausend Quadratkilometern einen vielfältigeren Lebensraum hinterließen, konnte MONICA TURNER von der Universität Wisconsin überzeugend darlegen [10]. Diese neu entstandene Vielfalt wirkt sich positiv auf die Biodiversität aus. Insbesondere wird das Habitatspektrum um die offenen Waldstrukturen erweitert [11]. Eine Vielzahl an Organismen sind

genau an diese frühe Phase angepasst [9, 12]. Das zusätzliche Angebot an Totholz führt zu einer enormen Steigerung von Populationsdichten der an Totholz gebundenen Zönosen, insbesondere aber auch von bedrohten Arten [13, 14, 15, 16, 17]. Zusätzlich erlauben derartige Entwicklungen die Rückkehr von Arten, die im Rahmen vergangener forstwirtschaftlicher Maßnahmen verschwunden sind [18].

...und beeinträchtigt die Trinkwasserqualität?

Die positiven Effekte natürlicher Störungen auf die Biodiversität müssen nicht mit negativen Folgen für Ökosystemdienstleistungen bezahlt werden, wie BURKHARD BEUDERT von der Nationalparkverwaltung ausführte. Störungen der Vegetationsdecke wie das Absterben von Baumstämmen führen grundsätzlich auch zu Störungen im Nährstoffhaushalt, weil ein wesentlicher Verbraucher von Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, zwischenzeitlich ausfällt. Es kommt daher auf der Bestandesebene für 5 bis 7 Jahre zu beträchtlichen Nitratverlusten mit dem Sickerwasser. Die Ergebnisse aus den forsthydrologischen Monitoringprogrammen im Einzugsgebiet der Großen Ohe, der Trinkwassertalsperre Frauenau und der amtlichen Überwachung kommunaler Versorgungsanlagen im Nationalpark Bayerischer Wald zeigen jedoch deutlich, dass eine Gefährdung des Trinkwassers durch zu hohe Nitratkonzentrationen zu keiner Zeit gegeben war. Selbst in den am stärksten durch Borkenkäferbefall betroffenen Kleineinzugsgebieten (> 80 %) wurde der Grenzwert der Trinkwasserverordnung

(50 mg/l) weit unterschritten. In den Bächen der größeren Einzugsgebiete liegen unveränderte oder signifikant rückläufige Nitratkonzentrationen vor.

Notwendigkeit der menschlichen Intervention?

Als natürliche Störungen sind Borkenkäfer-Massenvermehrungen zentrale ökosystemare Prozesse und keine ökologischen Katastrophen, welche menschliche Intervention erfordern. Die aktuellen Forschungsergebnisse zeigen, dass Störungsereignisse ein wichtiger Bestandteil von Waldökosystemen sind und sich die betroffenen Flächen anschließend wieder natürlich verjüngen [8, 19], eine hohe Biodiversität zeigen und gleichzeitig wichtige Ökosystemfunktionen erhalten bleiben. Des Weiteren unterstützen natürliche Störungen die Rückentwicklung der Wälder, die durch intensive Forstwirtschaft homogenisiert wurden, hin zu naturnäheren Systemen mit vielfältigeren Ökosystemfunktionen [20]. Aus diesem Grund treten Forderungen nach so genannten Restaurationsaktivitäten, wie Räumung der Fläche und Pflanzung, nach Störungen heutzutage in den Hintergrund, wie PHILIP BURTON von der Universität Northern British Columbia aufzeigte [21].

Folgerungen

Beim aktuellen Stand des Wissens ist davon auszugehen, dass Borkenkäfergradationen in Zukunft häufiger und großflächiger auftreten werden [2]. Demzufolge ist in naher Zukunft mit großflächigen Sanitärhiebsen zu rechnen, verbunden mit ei-

ner Vielzahl an ökologischen Konsequenzen [22]. Dieser „Doppelschlag“ (anthropogene Störung nach natürlicher Störung) kann das Erholungspotenzial von Waldökosystemen empfindlich herabsetzen. Ungeachtet bereits erfolgter, intensiver Umbaumaßnahmen verbleibt ein Großteil an nadelholzdominierter, zunehmend borkenkäferdisponierter Waldflächen, deren Bewirtschaftung in den nächsten Jahren ein hohes Risiko und Unsicherheiten birgt. Eine Entwicklung, auf die sich Förster und Waldbesitzer einstellen müssen.

Literaturhinweise:

- [1] BAGINSKI, J. (2003): Das silberne Fischbesteck: Kreibsaal der Ostsee, Kinderstube der Fische, Tankstelle für die Vogelwelt, Heimat wilder Wälder, Rettungsinsel der Evolution und einzigartiger Schauplatz der Natur; Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft. 65 Seiten. [2] WHITE, P. S.; JENTSCH, A. (2001): The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany* Vol. 62 Springer Verlag Heidelberg. [3] SCHELHAAS, M. J.; NABUURS, G. J.; SCHUCK, A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9: 1620-1633. [4] RAFFA, K. F.; AUKEMA, B. H.; BENTZ, B. J.; CARROLL, A. L.; HICKI, J. A.; TURNER, M. G.; ROMME, W. H. (2008): Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. *Bioscience* 58: 501-517. [5] SEIDL, R.; SCHELHAAS, M.-J.; LEXER, M. J. (2011): Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology* 17: 2842-2852. [6] IPCC, E. (2007): *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. [7] BOONE, C. K.; AUKEMA, B. H.; BOHLMANN, J.; CARROLL, A. L.; RAFFA, K. F. (2011): Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density: a basis for positive feedback in eruptive species. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 41: 1174-1188. [8] HEURICH, M.; BAIERL, F.; ZEPPEFELD, T. (2012): Waldentwicklung im Nationalpark Bayerischer Wald in den Jahren 2006 bis 2011. Ergebnisse der Luftbildauswertung und Hochlageninventur. *Berichte aus dem Nationalpark* 8/12. [9] LEHNERT, L. W.; BÄSSLER, C.; BRANDL, R.; BURTON, P. J.; MÜLLER, J. (2013): Conservation value of forests attacked by bark beetles: Highest number of indicator species is found in early successional stages. *Journal for Nature Conservation* 21: 97-104. [10] TURNER, M. G. (2010): Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91: 2833-2849. [11] MÜLLER, J.; MONING, C.; BÄSSLER, C.; HEURICH, M.; BRANDL, R. (2009): Using airborne laser scanning to model potential abundance and assemblages of forest passerines. *Basic and Applied Ecology* 10: 671-681. [12] SWANSON, M. E.; FRANKLIN, J. F.; BESCHTA, R. L.; CRISAFULLI, C. M.; DELLASALA, D. A.; HUTTO, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SWANSON, F. J. (2011): The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 117-125. [13] BRADTKA, J.; BÄSSLER, C.; MÜLLER, J. (2010): Baumbewohnende Flechten als Zeiger für Prozessschutz und ökologische Kontinuität im Nationalpark Bayerischer Wald. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 9: 49-63. [14] MONING, C.; WERTH, S.; DZIOCK, F.; BÄSSLER, C.; BRADTKA, J.; HOTHORN, T.; MÜLLER, J. (2009): Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate. *Forest Ecology and Management* 258: 745-751. [15] MÜLLER, J.; NOSS, R. F.; BÜSSLER, H.; BRANDL, R. (2010): Learning from a „benign neglect strategy“ in a national park: Response of saproxylic beetles to dead wood accumulation. *Biological Conservation* 143: 2559-2569. [16] BÄSSLER, C.; MÜLLER, J.; DZIOCK, F.; BRANDL, R. (2010): Effects of resource availability and climate on the diversity of wood-decaying fungi. *Journal of Ecology* 98: 822-832. [17] RAABE, S.; MÜLLER, J.; MANTHEY, M.; DUERHAMMER, O.; TEUBER, U.; GÖTTLEIN, A.; FÖRSTER, B.; BRANDL, R.; BÄSSLER, C. (2010): Drivers of bryophyte diversity allow implications for forest management with a focus on climate change. *Forest Ecology and Management* 260: 1956-1964. [18] BÄSSLER, C.; MÜLLER, J. (2010): Importance of natural disturbance for recovery of the rare polypore *Antrodia citrinella* Niemela & Ryvarden. *Fungal Biology* 114: 129-133. [19] ROMME, W. H.; BOYCE, M. S.; GRESSWELL, R.; MERRILL, E. H.; MINSHALL, G. W.; WHITLOCK, C.; TURNER, M. G. (2011): Twenty Years After the 1988 Yellowstone Fires: Lessons About Disturbance and Ecosystems. *Ecosystems* 14: 1196-1215. [20] LINDENMAYER, D. B.; FOSTER, D. R.; FRANKLIN, J. F.; HUNTER, M. L.; NOSS, R. F.; SCHMIEGELOW, F. A.; PERRY, D. (2004): Salvage harvesting policies after natural disturbance. *Science* 303: 1303. [21] BURTON, P. J. (2006): Restoration of forests attacked by mountain pine beetle: Misnomer, misdirected, or must-do? *BC Journal of Ecosystems and Management* 7: 1-10. [22] LINDENMAYER, D. B.; BURTON, P. J.; FRANKLIN, J. F. (2008): *Salvage Logging and Its Ecological Consequences*, Island Press, 246 pages.



Abb. 3:
Bei geringen Populationsdichten scheitert der Käfer häufig am Abwehrmechanismus vitaler Bäume und hat dann nur geringen Bruterfolg. Hier ertrinkt ein Borkenkäfer im Harz.

Foto: K. Raffa