

# Borkenkäfer-Monitoring im Umfeld des NP Bayerischer Wald

Die Auswirkungen von Schutzgebieten auf benachbarte Wirtschaftswälder werden kontrovers diskutiert. Im Umfeld des Nationalparks Bayerischer Wald besteht bei den angrenzenden Waldbesitzern die Sorge, dass von Borkenkäfermassenvermehrungen in den Naturzonen ein hohes Befallsrisiko für ihre Waldungen ausgeht. Im Randbereich des NP-Erweiterungsgebietes wurden von 2010 bis 2014 detaillierte Untersuchungen durchgeführt, um fundierte Erkenntnisse zur Borkenkäfersituation im fraglichen Grenzbereich zu gewinnen.

Abb. 1: Borkenkäferbefall im Rachel-Lusen-Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald



Foto: G. Lobinger

## Schneller Überblick

- Besteht Gefahr durch Borkenkäfer aus dem Nationalpark Bayerischer Wald für angrenzenden Wirtschaftswälder?
- Untersuchungen zwischen 2010 und 2014 zeigten nur kleinräumig und zeitlich begrenzt erhöhten Befallsdruck im Grenzbereich des NP
- Empfehlungen zum Schutz der an den NP angrenzenden Wirtschaftswälder abgeleitet: situationsgerechte Strategie der Naturzonenausweisung mit ggf. lokaler, zeitlich begrenzter Erweiterung der Waldschutzzone, Einrichtung eines Borkenkäfermonitorings und routinemäßige Aufnahme des Befallsgeschehens im Grenzgebiet aus der Luft

Gabriela Lobinger

Der Nationalpark Bayerischer Wald wurde 1970 im „Rachel-Lusen-Gebiet“ eröffnet und 1997 um das „Falkenstein-Rachel-Gebiet“ auf eine Gesamtfläche von gut 24.000 ha erweitert. Gemäß dem Leitgedanken „Natur Natur sein lassen“ werden sukzessive bis zum Jahr 2027 sogenannte Naturzonen ausgewiesen und somit auf mindestens 75 % der Gesamtfläche des Nationalparks die Bewirtschaftung eingestellt [12]. In diesen Naturzonen verbleiben zum Beispiel vom Buchdrucker befallene Fichten oder durch Schadereignisse anfallendes, bruttaugliches Holz im Wald (Abb. 1). Zum Schutz der angrenzenden Wirtschaftswälder wer-

den in der durchschnittlich 500 m breiten Randzone des Nationalparks dauerhaft alle erforderlichen Waldschutzmaßnahmen durchgeführt.

Seit der Gründung des Nationalparks bestehen jedoch bei den Waldbesitzern Bedenken hinsichtlich einer Gefährdung durch Borkenkäfer aus den Schutzgebieten. Aus diesem Anlass wurde 2010 an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) in Kooperation mit dem Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Regen und der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald ein Forschungsprojekt gestartet. Über fünf Jahre hinweg wurden die Buchdrucker-situation und das Befallsgeschehen im Grenzbereich des NP-Er-

weiterungsgebietes untersucht. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse sollten gezielte Handlungsempfehlungen für Nationalpark und angrenzende Waldbesitzer zu folgenden Fragestellungen erarbeitet werden:

- Besteht für die an den Nationalpark angrenzenden Wirtschaftswälder erhöhte Gefahr durch das Aussetzen der Borkenkäferbekämpfung in den Naturzonen?
- Ist ein Befallsdruck durch Buchdrucker aus dem Nationalparkgebiet nachweisbar? Ist dieser permanent oder ereignisbezogen und ist er räumlich abgrenzbar?
- Besteht eine Beziehung von Befallsrisiko und Distanz zur Nationalparkgrenze?

- Welche Maßnahmen können bei festgestelltem Befallsdruck aus dem Nationalparkgebiet zum Schutz der angrenzenden Wirtschaftswälder getroffen werden?

### Untersuchungsgebiet und Methodik

Das 17.000 ha große Untersuchungsgebiet erstreckte sich in Nord-Süd-Richtung über die gesamte Länge des NP-Erweiterungsgebiets und umfasste die Zone 3 (Randzone, Waldschutzzone) des Nationalparks und die westlich an den Nationalpark angrenzenden Wirtschaftswälder (Privat-, Kommunal- und Staatswald) auf einem bis zu 5 km breiten Streifen. Im Untersuchungsgebiet sind Tallagen ab 600 m und Hanglagen sowie Hochlagenwälder bis 1.250 m ü. NN vertreten.

### Terrestrische Aufnahmen – Borkenkäfermonitoring

Im Untersuchungsgebiet erfolgte ein Borkenkäfermonitoring analog zum bayernweiten Überwachungssystem. Der Schwärmflug des Buchdruckers wurde mittels Pheromonfallen an drei Fallenslinien parallel zur Nationalparkgrenze zwischen Bayerisch-Eisenstein und Klingnbrunn aufgenommen:

- Linie 1 im Abstand von etwa 1.000 m zur NP-Grenze,
- Linie 2 in 500 m Abstand zur NP-Grenze,
- Linie 3 innerhalb der Waldschutzzone des Nationalparks.

Insgesamt waren 120 Fallen im Einsatz (Abb. 2c). Zusätzlich wurden Anflugdaten an 13 Fallenstandorten in den Naturzonen des Nationalparks aufgenommen. Folgende Daten wurden erhoben:

- Prädispositionskennwert und damit Befallsrisiko im Umfeld der Fallenstandorte in drei Klassen (gering, mittel, hoch) (nach [13]),
- wöchentliche Anflugzahlen zur Erfassung von Schwärmverlauf und befallsrelevanter Zeiträume, lokaler Dichte, aktuellen Stehendbefallsrisikos sowie des Vermehrungspotenzials des Buchdruckers,
- Befall und Entwicklung der Käferbrut in Bruthölzern (wöchentlich) in vier Höhenlagen (630 – 850 – 1.150 und 1.250 m ü. NN),
- Temperaturbedingungen in sieben Höhenstufen zwischen 600 und 1.200 m,
- Befall, Schadholzanfall und Bekämpfungsmaßnahmen im Fallenumkreis.

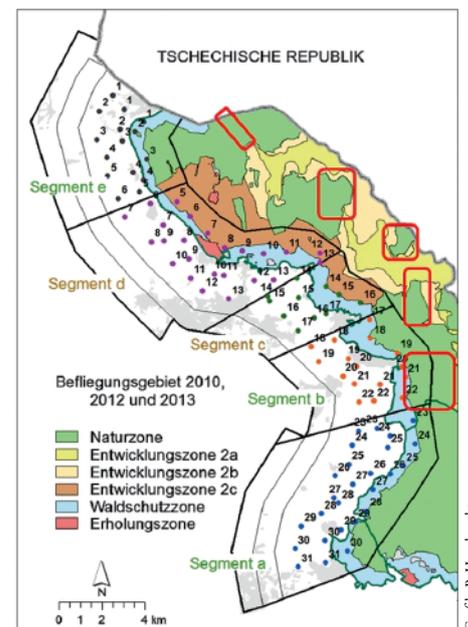
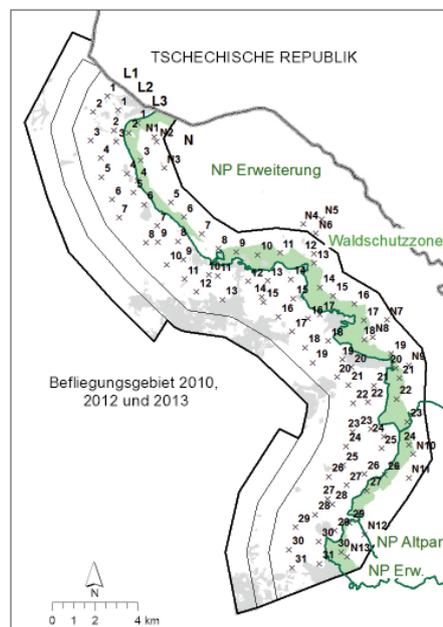
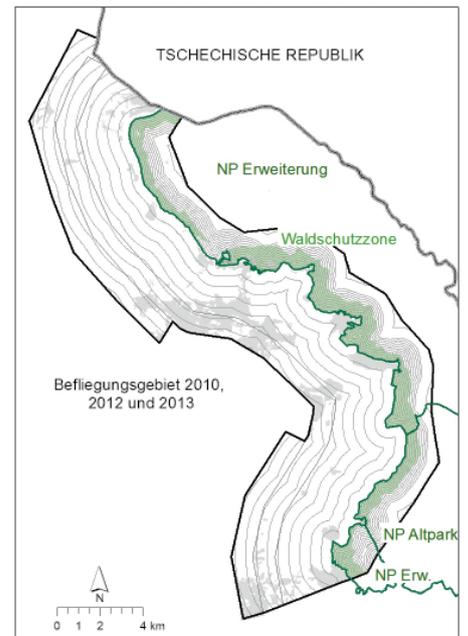
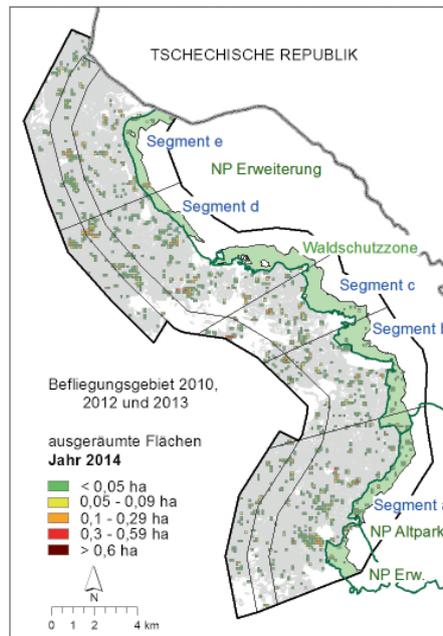


Abb. 2: a) Darstellung von räumlicher Verteilung und Größe der ausgeräumten Befallsflächen (Beispiel 2014); b) Einteilung des Untersuchungsgebietes in 500-m-Distanzpuffer zur NP-Grenze, c) Fallenslinie und Lage der Fallenstandorte im Untersuchungsgebiet, d) Einteilung des Außenbereichs in Auswertungssegmente anhand der Zonierung, Ausweitung der Naturzonen im NP 2010 bis 2014 und Fallenstandorte

Farbliche Darstellung des NP-Gebietes: blau = dauerhafte Randzone des Nationalparks, Waldschutzzone (Managementzone); gelb, braun = Entwicklungszonen; werden zeitlich gestaffelt in Naturzonen umgewandelt; grün = Naturzonen (managementfrei); rote Markierungen = Ausweitung von Naturzonen im Untersuchungszeitraum 2010 bis 2014

### Erstellung von Luftbildern und Orthofotos

Das Befallsgeschehen im Untersuchungsgebiet wurde jährlich anhand einer Zeitreihe hochauflösender Luftbilder aufgenommen. Die befallsfähige Fichtenfläche (Fichte Alter > 40 Jahre bzw. Höhe > 10 m) wurde über das Luftbild ermittelt

und im Gegenzug Laubholz, stehendes Totholz, Schatten und Nicht-Waldfläche ausgeschieden [1, 14, 11]. Erfassung und Analyse von Einzelbefall und Befallsflächen erfolgte nach folgenden Verfahren:

- visuelle Interpretation des Befalls (Abb. 3) und teilautomatisierte Aufnahme der ausgeräumten Fläche,



Abb. 3: Visuelle Interpretation und Markierung von Einzelbefall und Befallsflächen im Luftbild

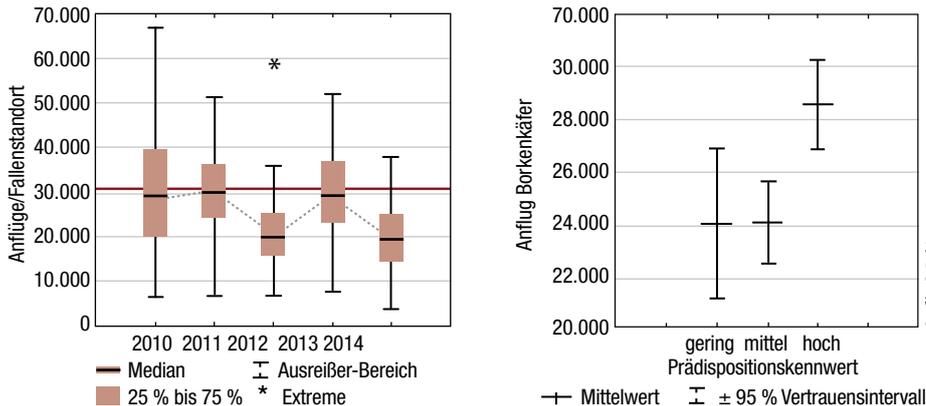


Abb. 4: Links: Verteilung der Anflugzahlen des Buchdruckers im Untersuchungszeitraum. Rote Linie = Schwellenwert für Stehendbefallsgefahr bei 30.000 Käfern/Falle/Jahr. Rechts: Anflugzahlen des Buchdruckers in Abhängigkeit von der Prädisposition des Fallenstandortes

- Charakterisierung des Befalls hinsichtlich Intensität, Flächengrößen und Ausbreitungsverhalten,
- Analyse der Befallsmuster in verschiedenen räumlichen Bezügen: Abhängigkeit von der Distanz zur NP-Grenze, Zonierung und Managementstrategie innerhalb des NP, Waldbesitzstruktur (s. Abb. 2),
- Distanzzonenanalyse zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit eines Neubefalls in Abhängigkeit vom Abstand zu einer Befallsquelle (nach [6, 8]: befalls-

- relevanter Aktionsradius des Buchdruckers,
- Modellierung der Befallswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (GAMMS-Generalized Algebraic Mixed Modelling System) [9].

### Buchdruckeraktivität und Schadholzanfall

Erhöhte Aktivitätsdichten des Buchdruckers traten (wie in ganz Bayern) 2010, 2011 und 2013 auf mit Medianwerten der Anflugzahlen über der Warnschwelle für Stehendbefallsgefahr (> 30.000 Käfer/Falle/Jahr). 2012 und 2014 befanden sich die Buchdruckerpopulationen auf Latenzniveau. Die höchsten Anflugzahlen waren stets in der südlichen Hälfte des Untersuchungsgebiets zu verzeichnen. Es bestand ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der berechneten Bestandsprädisposition (gering, mittel und hoch) und der lokalen Aktivitätsdichte des Buchdruckers (Abb. 4).

Es kam vorwiegend zu kleinen Befalls-herden mit geringen Schadholzmengen: Bei durchschnittlich 54 % lag der Schadholzanfall zwischen 0 und 10 Fm (= Befall

von <10 Bäumen), Mengen über 500 Fm fielen in weniger als 10 % der Fälle an.

### Befallsentwicklung

Bei niedriger Buchdruckerdichte entsteht vorwiegend kleinräumiger, verstreuter Befall. Das Befallsgeschehen ist kaum gerichtet, sondern eher Ergebnis von punktuelltem Befallserfolg (abwehrschwache Fichten, attraktive Randstrukturen etc.) und muss daher auf kleiner, räumlicher Ebene interpretiert werden.

- 500 m beiderseits der Nationalparkgrenze lagen bei mehr als 50 % des Be-

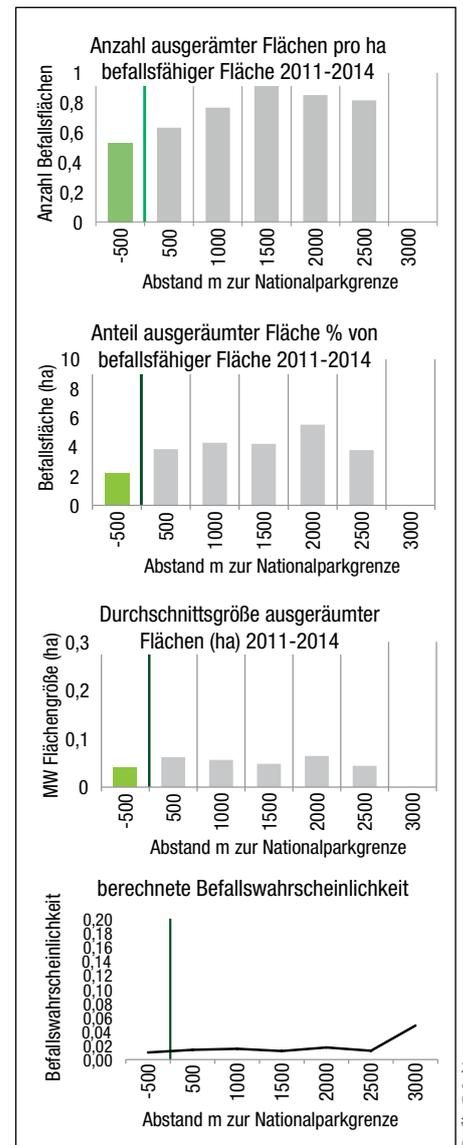


Abb. 6: Befallsintensität 2011 bis 2014 pro 500 m-Puffer im Außenbereich und innerhalb der Waldschutzzone 2011 bis 2014 (NP-Grenze = grün; grüne Säule = Wert für die NP-Waldschutzzone). Untere Grafik rechts: Berechnete Befallswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Distanz zur Nationalparkgrenze

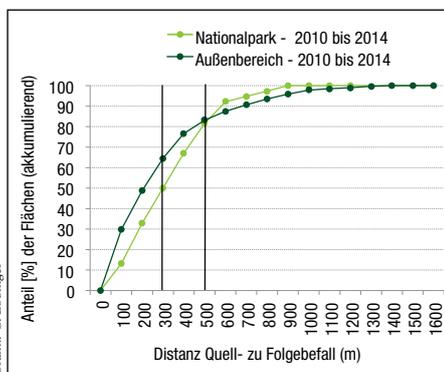


Abb. 5: Distanzen zwischen Befallsquelle und Folgebefall im Nationalpark und Außenbereich 2011 bis 2014; Anteil der Flächendistanzen in 100-m-Puffern, kumulativ

falls die Flächengrößen unter 0,05 ha. Über 95 % der Flächen waren deutlich kleiner als 0,5 ha, Flächengrößen über 0,5 ha traten nur vereinzelt auf. 78 % der Flächen entstanden jährlich neu, 11 % wuchsen über zwei Jahre an, weitere 11 % bis zu vier Jahren.

- Nicht aufgearbeiteter Befall kann sich herdförmig ausbreiten oder dient als Quelle für Neubefall im Umfeld. Im Untersuchungszeitraum entstanden durchschnittlich 68 % des Folgebefalls innerhalb von 300 m zur Befallsquelle, 88 % innerhalb von 500 m (s. auch [15]). Maximal 17 % des Folgebefalls lagen in Distanzen über 500 m (Abb. 5).
- Die Rolle des Windes für die Verbreitung von Borkenkäfern über weite Distanzen wird häufig diskutiert [2, 7, u. v. m.]. Die Untersuchungen im Rahmen des Projektes zeigten, dass der Buchdrucker bei Windgeschwindigkeiten über 5 m/sec. (= 18 km/h) seine Flugaktivität einstellt und somit keine Käfer durch starke Windströmungen verdriftet werden. Vergleicht man die Richtung der Befallsausbreitung der ausgeräumten Flächen mit der jeweils herrschenden Windrichtung, so war kein Schwerpunkt der Ausbreitungsrichtung von Befall erkennbar und es bestand kein Bezug zur jeweiligen Hauptwindrichtung.

### Befallsverteilung und Befallswahrscheinlichkeit in verschiedenen räumlichen Bezügen

Die Befallsintensität wurde durch drei Parameter charakterisiert:

- Anzahl ausgeräumter Flächen pro ha befallsfähiger Fichtenfläche,
- Anteil (%) der Befallsflächen an der befallsfähigen Gesamtfläche und
- durchschnittliche Größe (ha) der ausgeräumten Flächen.

Zudem wurde die Befallswahrscheinlichkeit für alle Bezugsräume und -zeiten errechnet (Wert 1 = 100 % Befallswahrscheinlichkeit).

Hinsichtlich der Befallssituation in Abhängigkeit von der Distanz zur NP-Grenze für das Gesamtgebiet wurde Folgendes festgestellt: Flächenanzahl, Anteil an der befallsfähigen Fläche und Durchschnittsgröße der Einzelflächen waren innerhalb der Waldschutzzone des NP (= 500 m) stets geringer als in den 500-m-

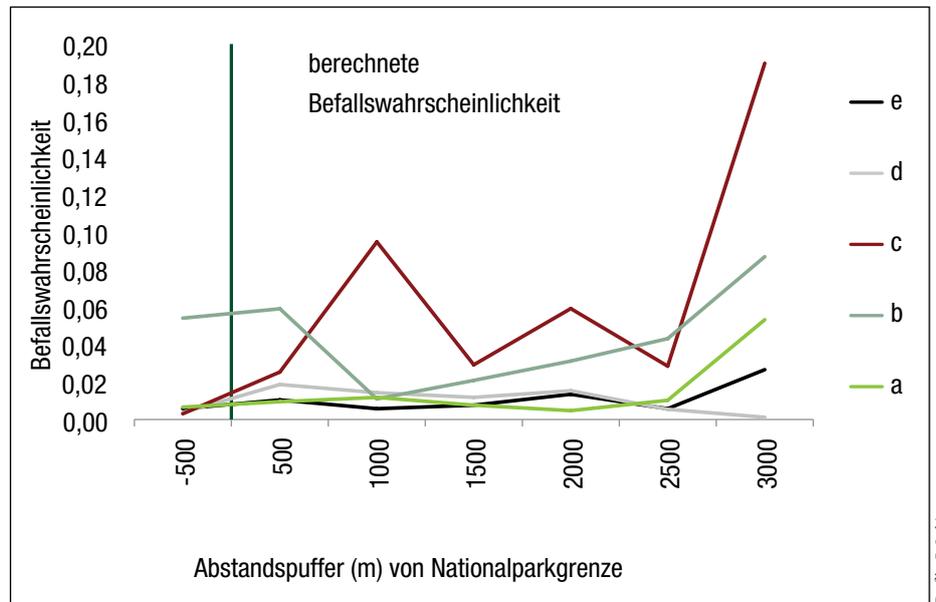


Abb. 7: Berechnete Befallswahrscheinlichkeit in den Segmenten in Abhängigkeit von der Managementstruktur innerhalb des Nationalparks

Abstandspuffern zur NP-Grenze im Außenbereich (Abb. 6). Die Befallsintensität im Außenbereich nahm mit der Distanz von der NP-Grenze zu. Damit bestand, bezogen auf das Gesamtgebiet, kein Befallsdruck aus dem Nationalpark heraus.

Weiterhin wurden Befallsmuster in Abhängigkeit von Naturzonennähe und aktuellen Naturzonenausweisungen analysiert. Hierzu wurde das Untersuchungsgebiet in fünf Segmente mit im Untersuchungszeitraum unterschiedlicher Situation bezüglich der Naturzonen eingeteilt (s. Abb. 2): Segmente e, b und a mit an die Waldschutzzone angrenzender Naturzone: e ohne grenznahe Erweiterung im Untersuchungszeitraum, b mit Naturzonenausweitungen nahe der WSZ 2010, 2012, 2013 und a angrenzend an Altpark. Die Segmente d und c haben keine räumliche Nähe zu den Naturzonen.

Die Analyse des Befallsgeschehens ergab grenzübergreifend innerhalb der Waldschutzzone und bis 500 m im Außenbereich eine um 6 % erhöhte Befallswahrscheinlichkeit im Segment b (Abb. 7). Dort ist im Grenzbereich von einem Einfluss der Naturzonensituation auf das Befallsgeschehen auszugehen. In weiteren Distanzen zur NP-Grenze nimmt die Befallswahrscheinlichkeit ab, dann wieder zu. In diesen Entfernungen besteht keine Abhängigkeit des Befallsgeschehens mehr von der Situation im Nationalpark. In Segment c herrschte hohe Befallswahr-

scheinlichkeit im grenzfernen Bereich (Distanz über 1.000 m), die durch die Disposition der Bestände und unterschiedliche Qualität des Borkenkäfermanagements zu begründen war.

### Einfluss verschiedener Faktoren auf Befallswahrscheinlichkeit – Modellierung

Den größten Einfluss auf die Befallswahrscheinlichkeit haben Nadelholzanteil und Baumhöhe. Mit zunehmendem Nadelholzanteil steigt das Befallsrisiko stetig an. Auch mit zunehmender Baumhöhe ab 10 m bis 30 m steigt die Befallswahrscheinlichkeit. Mit zunehmendem Anteil von Wald an der Fläche nimmt das Befallsrisiko ab und ist im geschlossenen Bestand deutlich geringer. Entfernung zur Nationalparkgrenze, Höhenlage und Einstrahlung hatten im Modell keinen signifikanten Einfluss.

### Fazit

Meist werden Befallsmusteranalysen im Zusammenhang mit Schadereignissen und folgender Borkenkäfermassenvermehrung durchgeführt [3, 4, u. v. m.]. Im Projektzeitraum waren die Buchdruckerdichten niedrig bis moderat erhöht. So konnten wichtige Erkenntnisse zur Gefährdungssituation der an den Nationalpark angrenzenden Wirtschaftswälder unter „Normalbedingungen“ gewonnen werden, die aber nicht auf Massenvermehrungsbedingungen übertragbar sind

## Projekt Borkenkäfermonitoring im Randbereich des Nationalparks Bayerischer Wald

Das Projekt Z69 „Borkenkäfermonitoring im Randbereich des Nationalparks Bayerischer Wald“ wurde vom Kuratorium für Forstliche Forschung und vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert. Laufzeit des Projektes war von 2010 bis 2014.

Die Projektleitung hatte Dr. Gabriela Lobinger. Die Projektbearbeiter Tanja Wittensöllner und Sebastian Weist haben die Untersuchungen vor Ort durchgeführt und die erhobenen Daten aufbereitet. Dr. Markus Kautz und Britta Hausknecht haben die Interpretation der Luftbilder und die GIS-Bearbeitung übernommen. Dr. Christoph Straub hat das digitale Kronenhöhenmodell erarbeitet. Dr. Hannes Lemme ist der Faktorenanalyse nachgegangen. Die beteiligten Waldbesitzer haben die Fallenstandorte bereitgestellt und wertvolle Informationen zur Befallsituation gegeben.

Den Kurzbericht zum Projekt finden Sie unter: [http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/kurzbericht\\_borkenkaefermonitoring\\_im\\_randbereich\\_des\\_nationalparks\\_bayerischer\\_wald\\_nbf\\_geschuetzt.pdf](http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/kurzbericht_borkenkaefermonitoring_im_randbereich_des_nationalparks_bayerischer_wald_nbf_geschuetzt.pdf)

[5, 10]. Für den Untersuchungszeitraum werden folgende Aussagen getroffen:

- Im Gesamtgebiet bestand kein nachweisbar erhöhter Befallsdruck durch Buchdrucker aus dem Nationalparkgebiet. Naturzonenausweisungen in den Hochlagen wirken sich nicht auf den Außenbereich aus. Die Befallsentwicklung wurde maßgeblich durch bestandesbedingte Disposition, Waldstruktur und Qualität des Borkenkäfermanagements bestimmt.
- Grenzübergreifender Befall trat wechselseitig auf und war innerhalb von 500 m beiderseits der NP-Grenze nachweisbar.
- Lokal definierbar und zeitlich begrenzt bestand geringer Befallsdruck aus dem Nationalpark im Zusammenhang mit Naturzonenerweiterungen im Grenzbereich. Der Effekt war in der Waldschutzzone und bis 500 m im Außenbereich durch höhere Anflugzahlen des

Buchdruckers sowie erhöhte Befallsintensität und Befallswahrscheinlichkeit nachweisbar.

Folgende Empfehlungen zum Schutz der an den NP grenzenden Wirtschaftswälder wurden daraus abgeleitet:

- Ausweisungen von Naturzonen sollten angesichts der aktuellen kritischen Borkenkäfersituation zunächst vorrangig in grenzfernen Bereichen erfolgen.
- Bei festgestellter hoher bestandesbedingter Befallsgefährdung sollte bei grenznaher Ausweisung neuer Naturzonen die Waldschutzzone lokal und zeitlich begrenzt erweitert werden.
- Im Randbereich des Nationalparks sollte in Zusammenarbeit mit dem AELF Regen, der BaySF und der Nationalpark-Verwaltung ein Borkenkäfermonitoring mit Fallenstandorten des Projektes eingerichtet werden, um die Waldbesitzer mit Informationen und Handlungsempfehlungen besser unterstützen zu können. Diese Maßnahme wurde im April 2016 umgesetzt.
- Durch Erweiterung der routinemäßigen Befliegung des NP-Gebietes auf 1.000 m in den Außenbereich und Auswertung der Luftbilder kann die Befallsentwicklung im Grenzbereich des NP verfolgt und gezielte Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

Das bewährte Borkenkäfermanagement in der Randzone und im Außenbereich, ergänzt durch die genannten Maßnahmen, ermöglicht einen effizienten Schutz der an den Nationalpark angrenzenden Wirtschaftswälder.

## Zusammenfassung

Zwischen 2010 und 2014 wurden im Randbereich des Nationalparks Bayerischer Wald in einem Borkenkäfermonitoring die Buchdruckeraktivität und die räumlich-zeitliche Befallsentwicklung intensiv untersucht, um aufzuzeigen, ob benachbarte Waldbestände außerhalb des Nationalparks durch die Einstellung der Borkenkäferbekämpfung in den Naturzonen des Nationalparks gefährdet sind. Im Untersuchungszeitraum bestand für das angrenzende Gesamtgebiet keine erhöhte Befallsgefährdung; verstärkter Käferdruck beiderseits der Nationalparkgrenze wurde nur kleinräumig festgestellt. Aus den detaillierten Erkenntnissen zur Befallsgefährdung im Untersuchungsgebiet

konnten Handlungsempfehlungen zum weiteren Vorgehen in dieser sensiblen Region abgeleitet werden. So kann durch die räumliche Strategie der Naturzonenausweisung, zeitlich und lokal begrenzte Verstärkung der Waldschutzzone und ein gezieltes Borkenkäfermonitoring im Umfeld des Nationalparks der Schutz der angrenzenden Wirtschaftswälder noch weiter verbessert werden.

## Literaturhinweise:

- [1] BREIMANN, L. (2001): Random Forests. Machine learning 45, S. 5-32. [2] BOTTERWEG, P. F. (1982): Dispersal and flight behavior of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. Z. Ang. Ent., 94, S. 466-489. [3] FAHSE, L.; HEURICH, M. (2011): Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level. Ecological Modelling 222, S. 1833-1846. [4] FORSTER, B.; MEIER, F.; GALL, R.; ZAHN, C. (2003): Erfahrungen im Umgang mit Buchdrucker-Massenvermehrungen (*Ips typographus* L.) nach Sturmereignissen in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 154/11, S. 431-436. [5] HÜBERTZ, H.; LARSEN, R.; BEJWER, B. (1991): Monitoring Spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) populations under none-epidemic conditions. Scand. J. For. Res., 6, S. 217-226. [6] KÄRVEMO, S.; VAN BOECKLÉ, T. P.; GILBERT, M.; GRÉGOIRE, J.-C.; SCHROEDER, M. (2014): Large-scale risk mapping of an eruptive bark beetle – Importance of forest susceptibility and beetle pressure. Forest Ecology and Management 318, S. 158-166. [7] JACKSON P.L., STRAUSSFOGEL D., LINDGREN B.S., MITCHELL S., MURPHY B. (2007): Radar observation and aerial capture of mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae) above the forest canopy. Mountain Pine Beetle Working Paper 2007-02. [8] KAUTZ, M.; DÜLL, J.; OHSER, J. (2011): Spatial dependence of random sets and its application to dispersion of bark beetle infestation in a natural forest. Image Anal. Stereol., 30, S. 123-131. [9] FAHRMEIR L., KNEIB T., LANG S. (2009): Regression, Statistik und ihre Anwendungen. 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg [10] LAUSCH, A.; FAHSE, L.; HEURICH, M. (2011): Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: A long-term quantitative landscape-level analysis. Forest Ecology and Management, 261, S. 233-245. [11] LDBV (2015): Digitales Geländemodell 1 (DGM 1) aus Laserscanning. Produktinformation der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Online (Stand: 19.2.2015); [http://vermessung.bayern.de/geobasis\\_lvg/gelaendemodell/DGM1.html](http://vermessung.bayern.de/geobasis_lvg/gelaendemodell/DGM1.html). [12] Nationalpark Bayer. Wald (2010): Nationalparkplan: Leitbild und Ziele. [13] NETHERER, S.; NOPP-MAYR, U. (2005): Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management – rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example of system application and verification. Forest Ecology and Management 207: S. 99-107. [14] STRAUB, C.; STEPPER, C. (2013). Projekt E49: Semi-automatische Parameterextraktion aus digitalen Luftbildern (SAPEX-DLB) – Teil II. Zwischenbericht, LWF, Freising, 64 S. [15] WASER, L. T.; GINZLER, C.; KUJCHLER, M.; BALTSAVIAS, E.; HURNI, L. (2011): Semi-automatic classification of tree species in different forest ecosystems by spectral and geometric variables derived from Airborne Digital Sensor (ADS40) and RC30 data. Remote Sensing of Environment, 115, S. 76-85. [16] WICHMANN, L.; RAVN, H. P. (2001): The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. Forest Ecology and Management, 148, S. 31-39.

Dr. Gabriela Lobinger,  
Gabriela.Lobinger@lwf.bayern.de,  
ist Mitarbeiterin der Abteilung  
Waldschutz der Bayerischen  
Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

