

Reduziert das Management von Kronenbrüchen Stehendbefall durch Borkenkäfer an Fichten?

Markus Kautz, Horst Delb

Kurzfassung | Fichten mit durch Schnee, Eis oder Wind gebrochenen Kronen können das Borkenkäferisiko in Beständen deutlich erhöhen, wenn auch in geringerem Maße im Vergleich zu vom Wind geworfenen Fichten. Der Kenntnisstand hierzu, z.B. zur Quantifizierung des Befallsrisikos nach Kronenbruch und zur Rolle des Managements, ist allerdings sehr gering. Diese Fallstudie untersucht das Befallsrisiko durch Buchdrucker und Kupferstecher an gebrochenen Fichtenkronen sowie an den im Bestand verbliebenen Stümpfen und unebrochenen Nachbarbäumen über einen Saisonverlauf – jeweils mit und ohne rechtzeitige Räumung des Kronenmaterials. Aufgrund der hohen Käferdichten wurde ein sehr hohes Befallsrisiko von nahezu 100 % an den Kronenstücken beobachtet (artendifferenziert je nach Bruchstärke). Stümpfe mit geringer Restkrone (< 20 %) und solche mit geringer sozialer Stellung im Bestand (Kraft'sche Klasse 3) zeigten ebenfalls eine erhöhte Befallsdisposition. Die rechtzeitige Räumung des Kronenmaterials senkte das Befallsrisiko sowohl für Stümpfe als auch deren unebrochene Nachbarbäume. Diese Untersuchung liefert anhand von empirischen Daten einen Beitrag zur Beantwortung praxisrelevanter Fragestellungen und unterstreicht die Relevanz des Kronenbruch-Managements in Fichtenbeständen.

Schlüsselworte | *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Windbruch, Schneebruch, Stümpfe, Befallsrisiko

Windwürfe bieten Borkenkäfern wie dem Buchdrucker (*Ips typographus* L.) und dem Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus* L.) über ein bis zwei Jahre geeignetes Brutmaterial, um die Käferpopulation rasant zu erhöhen und damit in der Folge Stehendbefall zu initiieren (Schroeder und Lindelöw 2002). Es wird daher empfohlen, windgeworfene Fichten rechtzeitig vor dem Ausfliegen der darin angelegten Brut unschädlich zu machen (z.B. Forster und Meier 2010, Hoch und Weizer 2020). Was aber ist zu tun, wenn lediglich die Baumkronen teilweise oder komplett durch Sturm, Schnee- oder Eislast abgebrochen sind?

Aus Mangel an wissenschaftlichen Studien zum Thema "Kronenbruch-

Management" wird in der forstlichen Praxis oft erfahrungsbasiert gehandelt, und das resultierende potentielle Befallsrisiko anhand von individuellen Kosten-Nutzen-Abschätzungen bewertet. Die unzureichende Datenlage geht nicht zuletzt auch auf die logistischen Herausforderungen zurück: Zum einen gilt es, solche Studien zeitnah nach Kronenbruchereignissen durchzuführen, zum anderen sind Vergleiche zwischen unterschiedlichen Managementszenarien in bewirtschafteten Wäldern oft nicht akzeptabel.

In Schweden wurde beispielsweise die Besiedlung von schneegebrochenen Fichten (Kronen und Stümpfe) in nicht-gemanagten Beständen durch unterschiedliche Rinden- und Holzbrüterarten

Abstract

Does management of crown breakage reduce subsequent bark beetle infestation in Norway spruce forests?

Tree tops broken by snow, ice or storm events may substantially increase the risk for subsequent bark beetle infestation in Norway spruce forests, although at a lower magnitude compared to windthrow. The state of knowledge, however, e.g. regarding risk quantification following crown breakage or the role of crown management, is scarce. This case study examines the risk of infestation by two most relevant bark beetle species (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*) at broken crowns, as well as at remaining stumps and unbroken neighboring trees over the course of a season – in each case with and without the timely removal of the crown material. Due to the high beetle densities, a very high risk of infestation of almost 100 % was observed at broken crowns, with clear species-specific diameter preferences. Stumps with a small amount of remaining crown (< 20 %), and stumps with a lower social status (Kraft class 3), showed higher infestation risk. The timely manage-

ment of broken tree crowns could reduce infestation risk both for stumps and for unbroken neighboring trees. Based on empirical data, this study contributes to answering open questions that are relevant in forestry, and emphasizes the importance of applying management measures when crown breakage in spruce stands had occurred.

Keywords |

Ips typographus, *Pityogenes chalcographus*, wind breakage, snow breakage, stumps, infestation risk

dokumentiert (Schroeder und Eidmann 1993), jedoch kaum Buchdruckerbefall an Kronen und Stümpfen beobachtet. Feiger et al. (1996) untersuchten durch Hagel gebrochene Fichten nach Räumung der Kronen in der Schweiz – ebenfalls ohne Buchdruckerbefall an den Stümpfen. Weitere Buchdruckerstudien haben den Effekt von Management nach Eis-/Sturmereignissen auf das Befallsrisiko analysiert, trennen jedoch nicht zwischen Windwürfen und -brüchen (Grodzki und Fronek 2017, de Groot et al. 2018, Grodzki und Fronek 2019). Vaupel (2000) untersuchte wiederum die Bruttauglichkeit von Kronenresthölzern nach einer Durchforstung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsvarianten wie Kleinschneiden und Streifen.

Eine Erkenntnis aus bisherigen Untersuchungen ist, dass stehend verbliebene Stümpfe weniger befallsdisponiert zu sein scheinen als frisch gebrochenes Kronenmaterial am Boden sowie auch im Vergleich zu windgeworfenen Fichten (Göthlin et al. 2000, Hroššo et al. 2020). Wissenschaftlich bisher nicht hinreichend untersucht ist jedoch, ob das rechtzeitige Unschädlichmachen des Kronenmaterials das Befallsrisiko für Stehendbefall im Bestand senkt, und inwieweit der Restkronenanteil an den Stümpfen deren Befallsrisiko beeinflusst. Diesen und weiteren praxisrelevanten Fragen wurde mittels einer Ad-hoc-Studie nach einem Schneebruchereignis nachgegangen.

Flächenauswahl und Datenaufnahme

Nach intensivem Schneebruch im Januar 2021 im Nationalpark Hunsrück-Hochwald (Rheinland-Pfalz, Deutschland) wurden sechs Bestände in einem Umkreis von ca. 20 km ausgewählt (585-770 m ü.NN), in denen Management durch die rechtzeitige Räumung der Kronen mit Kontrollen ohne jegliches Management verglichen wurden (jeweils drei Bestände; Abbildung 1, Tabelle 1). Die Management- und Kontrollflächen

umfassen jeweils einen jüngeren Bestand im Alter von 33-44 Jahren (M1, K1) und jeweils zwei ältere Bestände mit 69-118 Jahren (M2, M3, K2, K3). Alle Fichtenbestände lagen auf vergleichbaren Standorten und repräsentieren weitgehend einschichtige und kaum gemischte Altersklassenwälder, wie sie in Mitteleuropa noch sehr oft vorzufinden sind.

Alle Flächen wurden vor den Managementmaßnahmen zunächst inventarisiert, d.h. gebrochene Probestämme wurden zufällig ausgewählt (n=271) und relevante baumspezifische Parameter aufgenommen (BHD, Bruchhöhe, Restkronenanteil und Kraft'sche Klasse der verbliebenen stehenden Stümpfe sowie Stärke an der Bruchstelle und Länge der liegenden Bruchstücke; Tabelle 1). Zusätzlich wurde der Anteil der gebrochenen Bäume im Bestand (Bruchanteil) abgeschätzt. Diese initiale Aufnahme erfolgte Anfang Mai, also noch vor Schwärmbeginn von Buchdrucker und Kupferstecher ab Ende Mai (Abbildung 2). Auf den Managementflächen wurden anschließend die gebrochenen Kronen von Ende Mai bis Mitte Juni aus dem Bestand entfernt. Die Kronen waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht oder bereits teilweise durch Käfer der überwinterten Parentalgeneration besiedelt.

An zwei weiteren Aufnahmezeitpunkten zu Saisonmitte (Anfang Juli; nach kompletter Anlage der ersten Käfergeneration und vor deren Ausflug) bzw. Saisonende (Mitte September; nach Anlage der zweiten Käfergeneration) wurde der Befallszustand sowohl der abgebrochenen Kronen (nur auf den Flächen ohne Management möglich) als auch der Stümpfe (auf allen Flächen) dokumentiert. Zusätzlich wurden auf jeweils einer Management- und Kontrollfläche (M2, K2) zufällig ausgewählte, ungebrochene Nachbarbäume auf Befall kontrolliert (n=300). Sofern möglich, wurde in allen Fällen jeweils unterschieden, ob Buchdrucker und/oder Kupferstecher befallsverursachend waren.



Abbildung 1: (a) Häufig wurde an gebrochenen Kronen starker Zapfenbesatz beobachtet, (b) jüngerer Bestand (Kontrolle), (c) älterer Bestand (Management), (d) älterer Bestand (Kontrolle), (e) Befallskontrolle an der gebrochenen Krone, (f) nahezu komplett abgebrochene Krone (Fotos: Kurt Dick, Markus Kautz).

Figure 1: (a) Abundance of cones were frequently associated with broken crowns, (b) younger stand (control), (c) older stand (management), (d) older stand (control), (e) inspection of infestation at broken crown, (f) almost completely broken crown (photos: Kurt Dick, Markus Kautz).

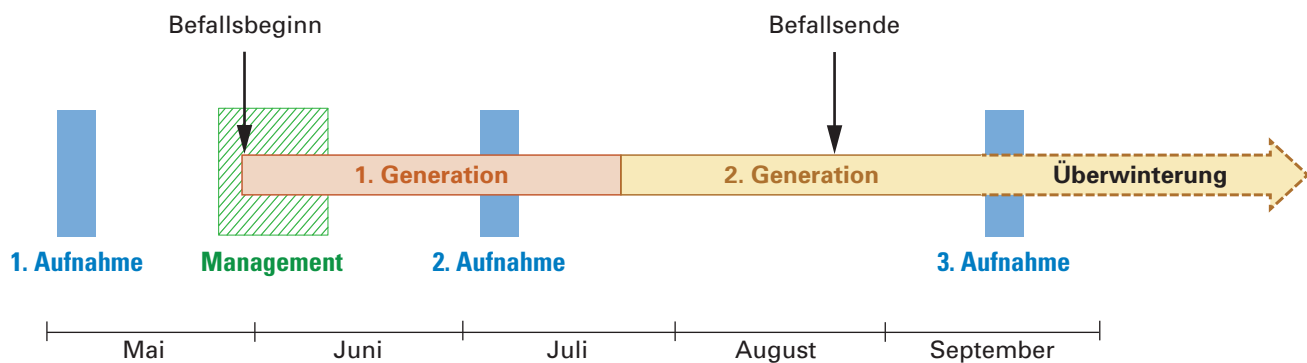


Abbildung 2: Zeitliche Abfolge von Datenaufnahme, Managementmaßnahme und Buchdrucker-Phänologie während der Studie (Referenzstation Leisel 649 m ü.NN, PHENIPS online: <https://iff-server.boku.ac.at>).

Figure 2: Sequence of data collection, management measures and phenology of *I. typographus* during the study (reference station Leisel 649 m a.s.l., PHENIPS online: <https://iff-server.boku.ac.at>).

Tabelle 1: Parameter der untersuchten Bestände; MW ± SA = Mittelwert ± Standardabweichung.

Table 1: Parameters of investigated stands.

MW ± SA = mean ± standard deviation, stand age (years) (= Bestandesalter [Jahre]), examined stumps (= untersuchte Baumstümpfe), examined unbroken trees (= untersuchte ungebrochene Bäume), share of broken trees in the stand (= Anteil gebrochen im Bestand), remaining crown at stumps (= Restkrone Stümpfe), DBH of stumps (= BHD Stümpfe), diameter at breakpoint (= Bruchstärke), length of broken crown (= Bruchlänge), control (= Kontrolle)

	Management			Kontrolle		
	M1	M2	M3	K1	K2	K3
Bestandesalter (Jahre)	44	69	118	33	73	74
Untersuchte Baumstümpfe (n)	50	50	21	50	50	50
Untersuchte ungebrochene Bäume (n)	-	150	-	-	150	-
Anteil gebrochen im Bestand (%)	80	15	18	70	10	37
Restkrone Stümpfe (%), MW ± SA)	36 ± 17	46 ± 25	52 ± 30	30 ± 22	57 ± 21	42 ± 32
BHD Stümpfe (cm, MW ± SA)	25 ± 4	32 ± 5	46 ± 6	21 ± 4	35 ± 4	37 ± 5
Bruchstärke (cm, MW ± SA)	10 ± 2	12 ± 5	17 ± 9	11 ± 3	12 ± 4	14 ± 5
Bruchlänge (m, MW ± SA)	7 ± 1	6 ± 2	7 ± 4	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 3

Ergebnisse

Befall der Kronenbruchstücke

Nahezu alle gebrochenen, nicht geräumten Fichtenkronen (94-100 %, Tabelle 2) wurden bereits von der überwinterten Parentalgeneration befallen. Die wenigen nicht durch die Parentalkäfer besiedelten Kronen wurden auch durch die Folgegeneration ab Juli nicht mehr besiedelt, vermutlich aufgrund fortschreitender Austrocknung. Der überwiegende Teil der Kronen wurde unabhängig vom Bestandesalter durch Kupferstecher befallen (78-100 %), nur 22-42 % durch Buchdrucker (Tabelle 2).

Artendifferenzierend wirkte der Durchmesser an der Bruchstelle (Bruch-

stärke): Während für Kupferstecher der gesamte Bruchstärkenbereich attraktiv war, bevorzugten Buchdrucker stärkere Kronen mit > 15 cm Bruchstärke. Kronen mit Bruchstärken < 10 cm wurden hingegen von Buchdruckern konsequent gemieden (Abbildung 3a).

Stehendbefall an Baumstümpfen

Lediglich in einem älteren Bestand ohne Management (K3) kam es zu nennenswertem Stehendbefall an den gebrochenen, verbliebenen Stümpfen (Tabelle 2): Im Juli wurde an 13 Stümpfen, im September an weiteren sechs Stümpfen Befall dokumentiert. Dies entspricht insgesamt 38 % der untersuchten Stümpfe auf dieser Fläche. Hier war nahezu aus-

	Management			Kontrolle		
	M1	M2	M3	K1	K2	K3
Befall gebrochener Kronen	-	-	-	50 (100 %)	50 (100 %)	47 (94 %)
• durch Buchdrucker	-	-	-	11 (22 %)	21 (42 %)	18 (36 %)
• durch Kupferstecher	-	-	-	50 (100 %)	50 (100 %)	39 (78 %)
Befall an Stümpfen	3 (6 %)	2 (4 %)	2 (10 %)	4 (8 %)	0 (0 %)	19 (38 %)
• durch Buchdrucker	2 (4 %)	2 (4 %)	2 (10 %)	3 (6 %)	0 (0 %)	19 (38 %)
• durch Kupferstecher	1 (2 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	3 (6 %)	0 (0 %)	1 (2 %)

schließlich der Buchdrucker befallsverursachend. Auf allen anderen Flächen gab es unabhängig vom Management mit maximal vier Befällen an Stümpfen kaum Folgeschäden. Ein direkter Vergleich des Befallsrisikos an Stümpfen und ungebrochenen Nachbarbäumen ist nicht valide möglich, da auf den beiden Flächen mit Daten zu ungebrochenen Nachbarn (M2, K2) kaum Befall an Stümpfen auftrat.

Das Befallsrisiko der Stümpfe war klar abhängig vom Anteil der verbliebenen Krone. Bei sehr geringem Restkronenanteil (< 20 %) stieg das Befallsrisiko des Stumpfes überproportional stark an. Über alle Flächen betrug das Befallsrisiko in dieser Klasse 31 % (Abbildung 3b), auf der stark befallenen Kontrollfläche (K3) sogar 50 %. Unerwarteterweise stieg das Befallsrisiko auch bei sehr hohem Restkronenanteil ($\geq 80\%$) – jedoch war dieser Zusammenhang nicht plausibel erklärbar und vermutlich auf die vergleichsweise geringe Stichprobengröße in dieser Klasse zurückzuführen.

Neben dem Restkronenanteil spielte auch die soziale Stellung des Baumes im Bestand eine (wenn auch nachrangige) Rolle: Je herrschender ein Baumindividuum war, desto geringer war tendenziell sein Befallsrisiko. Diese Korrelation war am deutlichsten auf der Fläche K3, auf welcher am meisten Befall an Stümpfen auftrat und gleichzeitig die Kraft'schen Klassen 1-3 allesamt vorkamen (Abbildung 3c). Betrachtet man alle Flächen, ergab sich für die Kraft'sche Klasse 2 das geringste Befallsrisiko; al-

lerdings war die Stichprobengröße in den Klassen sehr ungleich verteilt. Das höchste Befallsrisiko trugen in beiden Fällen Fichten der Kraft'schen Klasse 3 (Abbildung 3c). Fichten der Kraft'schen Klasse 4 wurden nicht befallen, bleiben aber aufgrund der sehr geringen Stichprobengröße von $n \leq 5$ bei dieser Betrachtung unberücksichtigt.

Management-Effekt

Vergleicht man den Befall an Stümpfen zwischen Management- und Kontrollflächen, ergibt sich nach Saisonende ein deutlicher Management-Effekt: Das Befallsrisiko der Stümpfe lag mit 5,8 % auf den Managementflächen signifikant unter dem Befallsrisiko (15,3 %) auf den Kontrollflächen ohne Management des gebrochenen Kronenmaterials (Fisher-Yates Test $p < 0,05$; Abbildung 3d). Das Befallsrisiko für ungebrochene Nachbarbäume konnte nur in einem Bestandespaar ermittelt werden – hier ergab sich ein ca. dreifach reduziertes Befallsrisiko mit Management (2,7 %) im Vergleich zur Kontrolle (6,7 %; Abbildung 3d). Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist allerdings nicht signifikant (Fisher-Yates Test $p > 0,1$).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Fallstudie bestätigen anhand von wissenschaftlich erhobenen und analysierten Daten weitgehend bisherige Erfahrungswerte und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen (i) zur Wirksamkeit des Kronenbruch-

Tabelle 2: Borkenkäferbefall in den untersuchten Beständen, Gesamtwert nach Saisonende; gleichzeitiger Befall durch Buchdrucker und Kupferstecher möglich.

Table 2: Bark beetle infestation in the investigated stands, pooled over both sample dates; simultaneous infestation by both species possible.

infestation of broken crowns (= Befall gebrochener Kronen), by *I. typographus* (= durch Buchdrucker), by *P. chalcographus* (= durch Kupferstecher), infestation of stumps (= Befall an Stümpfen), control (= Kontrolle).

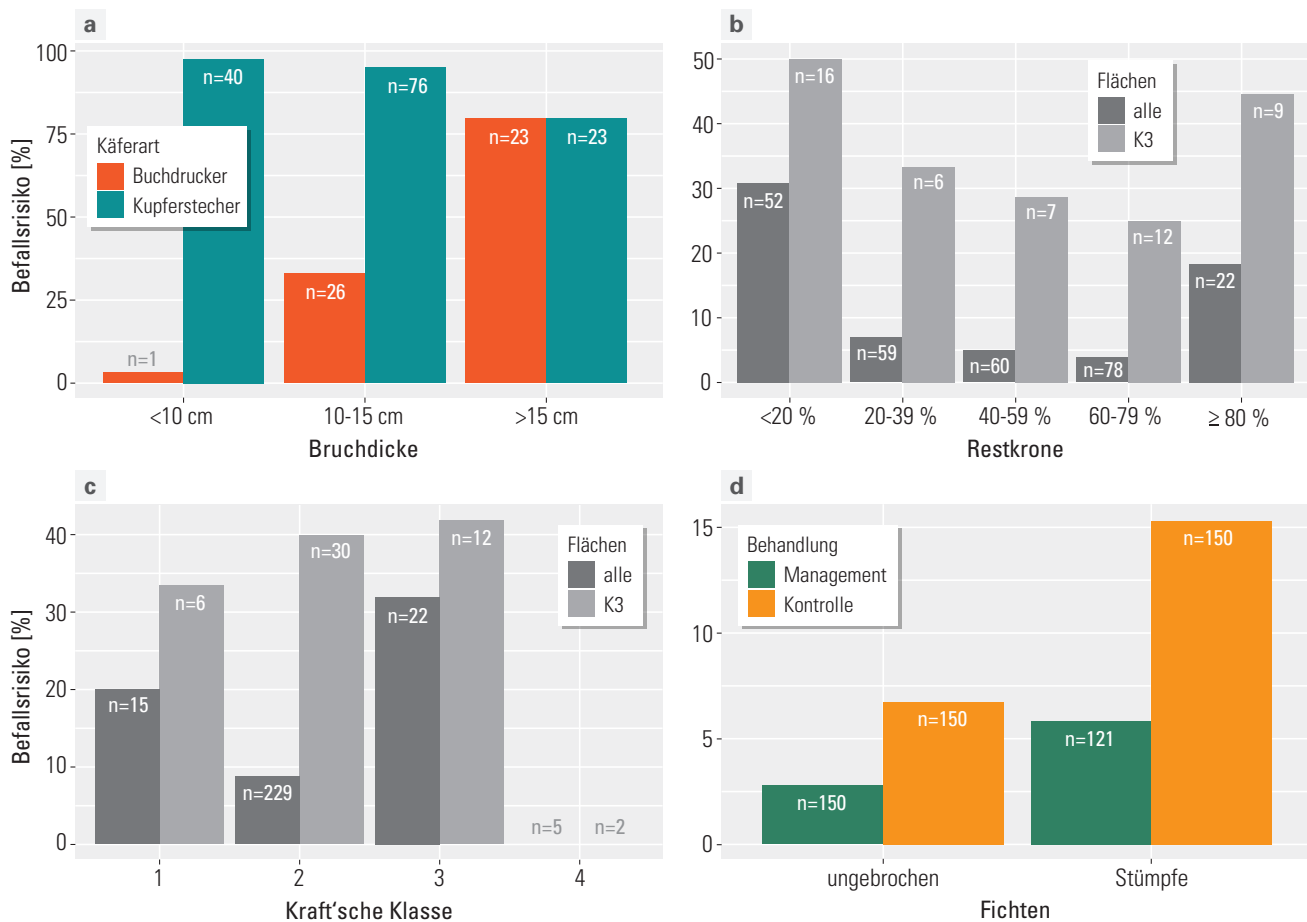


Abbildung 3: Borkenkäfer-Befallsrisiko (a) an gebrochenen Kronen mit unterschiedlicher Bruchstärke (K1-3), in Bezug auf Buchdrucker oder Kupferstecher, (b) an Stümpfen mit unterschiedlichem Restkronenanteil (alle Bestände bzw. nur K3), (c) an Stümpfen aus unterschiedlichen Kraft'schen Klassen (alle Bestände bzw. nur K3), und (d) an unebrochenen Nachbarbäumen (M2, K2) bzw. an Stümpfen (alle Bestände) in unterschiedlichen Managementszenarien.

Figure 3: Bark beetle infestation risk [%] regarding (a) broken crowns in different classes of breakage diameter (K1-3), regarding to *I. typographus* or *P. chalcographus*, (b) stumps in different classes of remaining crown percentage (all stands, and K3 only), (c) stumps in different Kraft tree classes (all stands, and K3 only), and (d) unbroken adjacent trees (M2, K2) and stumps (all stands) under different management scenarios.

Managements, (ii) zum erhöhten Befallsrisiko der Stümpfe bei geringer Restkrone bzw. (iii) bei Unterständigkeit sowie (iv) zur artspezifischen Bruchstärken-abhängigen Bruttauglichkeit von gebrochenem Material. Hinsichtlich der Restkronen ergeben unsere Ergebnisse allerdings einen deutlich geringeren Schwellenwert (20 % Restkrone) für ein erhöhtes Befallsrisiko der Stümpfe als bisher angenommen (ca. 50-66 % bzw. sechs grüne Astquirle: Zeitler 2011, John

und Delb 2019). Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl verbliebener grüner Äste und dem Befallsrisiko nach Kronenbruch wurde bereits durch Schroeder und Eidmann (1993) beobachtet, wobei sich eine deutliche Reduktion des Befallsrisikos ab etwa fünf verbliebenen Ästen zeigte. Oberhalb einer solchen Schwelle ist mit hoher Wahrscheinlichkeit von einer Revitalisierung der geschädigten Fichte auszugehen, unterhalb ist durch Mangelversorgung die Abwehr-

kraft gegenüber Borkenkäfern deutlich und nachhaltig herabgesetzt.

Interessanterweise wurden die Stümpfe nicht erst durch die sich in den gebrochenen Kronen entwickelten Käfern der ersten Generation befallen (September-Aufnahme), sondern mehrheitlich bereits durch die überwinterte Parentalgeneration (Juli-Aufnahme). Dieses Phänomen könnte damit erklärt werden, dass die Parentalkäfer vermutlich durch Rindenduftstoffe aus den Kronen sowie durch Aggregationspheromone der sich in die Kronen einbohrenden Käfer in die Nähe gelockt wurden. Aufgrund der nahezu vollständigen Besiedlung der Kronen (94-100 %) mussten sie jedoch alternativen Brutraum aufsuchen und haben somit vermehrt die Stümpfe besiedelt.

Die Studie zeigt, wenn auch mit begrenzter Stichprobengröße, die Wirksamkeit eines rechtzeitigen Kronenbruch-Managements. Die gezeigten Unterschiede im Befallsrisiko zwischen Management- und Kontrollflächen könnten zwar theoretisch auch andere Ursachen haben als das Management. Jedoch wurden die Flächen bewusst so ausgewählt, dass potentielle für das Befallsrisiko relevante Faktoren ähnlich waren, wie z.B. Nähe zu Befallsnestern außerhalb der Untersuchungsflächen, Bestandesalter und -dichte, Standortparameter, Bruchanteil, Fichtenanteil und Topographie. Auch wenn auf zwei der drei nicht geräumten Kontrollflächen kaum Folgebefall registriert wurde, verbleiben die in den gebrochenen Kronen entwickelten Käfer doch weiterhin im Wald-ökosystem und stellen damit potentielle Risikofaktoren dar.

Die vorliegende Untersuchung fand während einer fortgeschrittenen Buchdrucker-Massenvermehrung (beginnende Retrogradation) statt und war durch kühl-feuchte Witterungsverhältnisse insbesondere im Frühjahr geprägt. Entsprechend gut waren die Wasserversorgung und damit die Abwehrbereit-

schaft der Fichten, langsam die Käferentwicklung, hoch die Besiedlungsdichte und hoch auch die Mortalität durch Brutraumkonkurrenz und Verpilzung. Die Summe dieser Faktoren hat das Befallsrisiko vermutlich limitiert. Während trocken-warmer Jahre kann das von nicht beräumtem Kronenbruch ausgehende Stehendbefallsrisiko womöglich erheblich höher sein als hier beobachtet. Im Vergleich zu Windwürfen ist das Befallsrisiko nach Kronenbruch jedoch als weniger hoch einzuschätzen, da windgeworfene Fichten in der Regel ein Vielfaches an über eine längere Zeit bruttauglichem Material (insbesondere für den Buchdrucker) bereitstellen.

Obwohl es in dieser Studie nicht möglich war, den Einfluss des Bruchanteils (Anteil gebrochener Bäume im Bestand) zu untersuchen, ist im Analogieschluss zu Windwürfen (Schroeder und Lindelöw 2002) davon auszugehen, dass mit steigendem Bruchanteil das Stehendbefallsrisiko durch belassene Kronenbrüche ansteigt. Das Management ist demnach umso wirksamer, je höher der Bruchanteil ist. Während man bei Windwürfen empfiehlt, kleinere Schadflächen vor größeren zu priorisieren, gilt allerdings bei Kronenbruchflächen aufgrund der schnelleren Austrocknung das Gegenteil: groß vor klein bzw. hoher Bruchanteil vor geringem. Insbesondere während Latenzphasen bietet Bruchmaterial den Borkenkäfern oft die einzige Möglichkeit zur (Massen-)Vermehrung. Um die potentiell daraus entstehende Stehendbefallsentwicklung bereits im Keim zu ersticken, ist das Kronenbruch-Management daher vor allem auch in Latenz- und Progradationsphasen von großer Wichtigkeit.

Als effektivste Managementmaßnahme empfiehlt sich die Abfuhr der gebrochenen Kronen *nach* Käferbesiedlung, jedoch unbedingt noch *vor* dem Ausflug der Brut (Fangeffekt). Kann die rechtzeitige Abfuhr befallener Kronen, z.B. aufgrund großer Mengen, im betrieblichen

Markus Kautz,
Horst Delb,
Forstliche Versuchs- und
Forschungsanstalt Baden-
Württemberg,
Abteilung Waldschutz,
Wonnhaldestraße 4,
79100 Freiburg, Deutschland
Tel.: +49-761-4018194,
markus.kautz@forst.bwl.de
Tel.: +49-761-4018222,
horst.delb@forst.bwl.de

Ablauf nicht garantiert werden, ist die prophylaktische Abfuhr (vor Besiedlung) das Mittel der Wahl. Das Material kann in beiden Fällen thermisch verwertet werden. Prophylaktische, mechanische Maßnahmen, wie z.B. Trennschnitte oder Streifen, können das Befallsrisiko der Kronen gegenüber Borkenkäfern im Bestand zwar auch herabsetzen – allerdings vor allem gegenüber Kupferstechern und nur bei Durchführung während der Wintermonate (Vaupel 2000). Das Hacken von Kronenmaterial mit Verbleib im Bestand ist aufgrund der geringen Wirksamkeit gegenüber Kupferstechern sowie der Lockwirkung der Hackschnitzel ebenfalls nur sehr bedingt empfehlenswert (Wonsack 2021). Borkenkäfer abwehrende Duftstoffe, welche die Besiedlung von Kronenmaterial wirksam verhindern können (Lobinger 2006), sind bislang noch nicht zur Praxisreife gelangt.

Ist es nicht möglich, gebrochenes Kronenmaterial rechtzeitig unschädlich zu machen, sind besonders in trockenwarmen Jahren intensivere Stehendbefallskontrollen unbedingt ratsam, um dem erhöhten Befallsrisiko für den verbleibenden Bestand Rechnung zu tragen. Stümpfe mit geringen Restkronen sollten während der Befallskontrollen besonders fokussiert bzw. können auch präventiv entnommen werden. Sind gebrochene Kronen bereits mehrere Monate während des Sommers liegen geblieben, stellen sie in aller Regel kein geeignetes Brutmaterial für Buchdrucker und

Kupferstecher mehr dar und können im Sinne der Nährstoffbilanz sowie zur Förderung von holzbewohnenden Insekten und Borkenkäferantagonisten im Bestand belassen werden. Dasselbe gilt für im Herbst (September-November) entstandenes schwächeres Kronenmaterial, welches bis zur kommenden Schwärmsaison weitgehend austrocknet (Vaupel 2000).

Für eine validere Datenbasis wären aufgrund der relativ geringen Stichprobengröße in dieser Fallstudie weitere Untersuchungen in vergleichbarem Design von Vorteil. Somit könnten gegebenenfalls auch unterschiedliche Situationen (Bestand, Witterung, Populationsphasen) gegenübergestellt werden. Die Beobachtung von Stümpfen über einen längeren Zeitraum von mehreren Jahren nach dem Bruchereignis würde zudem Aussagen über deren generelles Befallsrisiko liefern können. Als geeignet hat sich erwiesen, Flächen mit und ohne Management in unterschiedlichen Schutzzonen eines Nationalparks auszuwählen. Denkbar wäre die Umsetzung aber prinzipiell auch im Wirtschaftswald.

Danksagung

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei Flächenauswahl und Datenaufnahme beim Nationalpark Hunsrück-Hochwald, und für die Datenaufnahme bei Kurt Dick und Manfred Dick (FVA-Waldschutz).



Literatur

de Groot, M., Ogris, N., Kobler, A. 2018: The effects of a large-scale ice storm event on the drivers of bark beetle outbreaks and associated management practices. *Forest Ecology and Management* 408: 195-201.

Feiger, G., Forster, B., Hoffmann, C. 1996: Ringeln von entkronen, stehenden Fichtenstümpfen als Forstschutzmaßnahme? *Schweizer Zeitschrift für Forstwesen* 147(2): 71-82.

Forster, B., Meier, F. 2010: Sturm, Witterung und Borkenkäfer – Risikomanagement im Forstschutz. *Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Merkblatt für die Praxis* 44: 8 S.

Grodzki, W., Froněk, W. 2017: Occurrence of *Ips typographus* (L.) after wind damage in the Kościełska Valley of the Tatra National Park. *Leśne Prace Badawcze* 78(2): 113-119.

- Grodzki, W., Fronek, W. 2019: The European spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) in wind-damaged stands of the eastern part of the Tatra National Park – the population dynamics pattern remains constant. *Folia Forestalia Polonica Series A - Forestry* 61(3): 174-181.
- Göthlin, E., Schroeder, L.M., Lindelöw, Å. 2000: Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 542-549.
- Hroššo, B., Mezei, P., Potterf, M., Majdák, A., Blaženec, M., Korolyova, N., Jakuš, R. 2020: Drivers of spruce bark beetle (*Ips typographus*) infestations on downed trees after severe windthrow. *Forests* 11: 1290.
- Hoch, G., Weizer, G. 2020: Integriertes Borkenkäfermanagement. In: Hoch, G., Schopf, A., Weizer, G. (Hrsg.), *Der Buchdrucker – Biologie, Ökologie Management*. BFW, Wien, 2. Auflage, 116-155.
- John, R., Delb, H. 2019: Borkenkäfer-Management ab Frühjahr 2019. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, *Waldschutz-Info* 01/2019: 8 S.
- Lobinger, G. 2006: Entwicklung neuer Strategien im Borkenkäfermanagement. *Forstschutz Aktuell*, Wien, 37: 11-13.
- Schroeder, L.M., Eidmann, H.H. 1993: Attacks of bark- and wood-boring Coleoptera on snow-broken conifers over a two-year period. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 257-265.
- Schroeder, L.M., Lindelöw, Å. 2002: Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 47-56.
- Vaupel, O. 2000: Attraktivität und Bruttauglichkeit unverwertbarer Fichten-Kronenhölzer und rotfauler Fichten-Erdstammstücke für Borkenkäfer. *Forst und Holz* 8: 247-252.
- Wonsack, D. 2021: Integriertes Borkenkäfermanagement: Hacken von befallenem Stammholz. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, *Waldschutz-Info* 02/2021: 4 S.
- Zeitler, J. 2011: Schneebruch – Was nun? Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, *Blickpunkt Waldschutz* 01/2011: 3 S.