

Sturm, Witterung und Borkenkäfer

Risikomanagement im Forstschutz

Beat Forster und Franz Meier

Für Forstdienste und Waldbesitzer stellen Borkenkäfer-Massenvermehrungen eine Herausforderung dar. Bewährte Massnahmen können bei grossen Epidemien nicht mehr überall und rechtzeitig vollzogen werden. Es braucht Anpassungen an die ausserordentliche Situation.

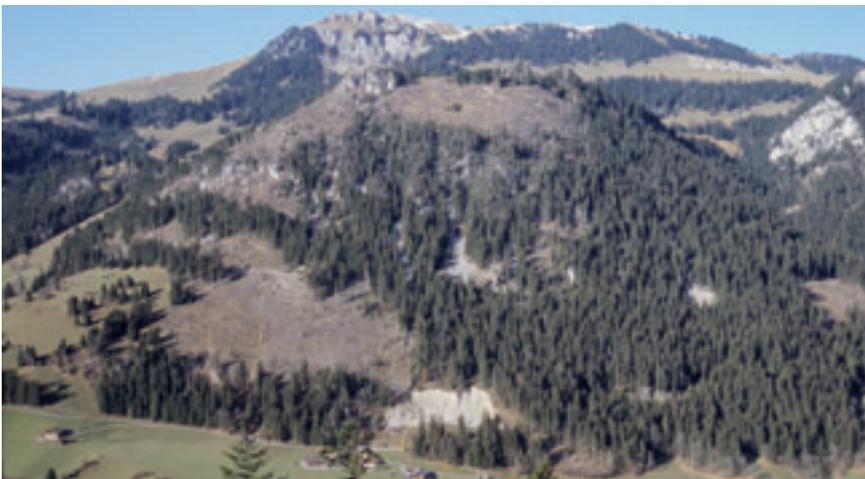


Abb. 1. Grossflächiger Buchdruckerbefall in einer Geländekammer ohne Massnahmen, beispielsweise in einem Waldreservat (oben). Werden durch Sturm und Käfer abgetötete Bäume geräumt, entstehen Kahlflächen (unten). Waldfunktionen, Befallsdynamik und Logistik bestimmen die Eingriffsstrategie.

Massenvermehrungen von Borkenkäfern traten in den vergangenen Jahrzehnten gehäuft auf. Auslöser waren jeweils Sturmereignisse oder ausgeprägte Trockenperioden. Schwankende Holzpreise und die Reduktion von finanziellen Beiträgen für Forstschutz-Massnahmen führten dazu, dass befalene Bäume häufiger als früher stehen blieben und die Käfer sich ungebremst vermehrten. Neben geänderten Forstschutz-Strategien trugen auch hohe Holzvorräte dazu bei, dass verschiedene Borkenkäfer häufiger auftraten. Am eindrücklichsten und bekanntesten ist der Befall der Fichte durch den Buchdrucker (*Ips typographus*).

Im Zuge der allgemeinen Klimaerwärmung dürften Borkenkäfer in Zukunft vermehrt auftreten und vor allem bei häufigeren Witterungsextremen massgeblich zur Bestandesdynamik der heutigen Nadelholzwälder beitragen. Wir müssen damit rechnen, dass Schutz- und Wirtschaftswälder ihre Funktionen nicht mehr überall im gewohnten Mass erfüllen können. Deshalb sollten finanzielle und personelle Ressourcen gezielt und koordiniert eingesetzt werden, um eine möglichst nachhaltige Erfüllung regional wichtiger Waldfunktionen zu gewährleisten. Gängige Forstschutz-Strategien müssen überdacht und angepasst werden, um der ausserordentlichen Käfersituation Rechnung zu tragen. Wo aus ökonomischen, ökologischen oder logistischen Gründen keine Forstschutz-Massnahmen getroffen werden, müssen wir eine natürliche Waldentwicklung mit verstärkt auftre-

tendem Käferbefall akzeptieren (Abb. 1). Die folgenden Erkenntnisse und Empfehlungen stammen aus langjährigen Erhebungen und Beobachtungen von Waldschutz Schweiz an der WSL und der Forstpraxis. Das Merkblatt zeigt wichtige Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Käferpopulationen sowie mögliche Wege für ein Risikomanagement. Ziel ist, Aufwand und Nutzen von Forstschutz-Massnahmen in ein vernünftiges Verhältnis setzen zu können.

Einflüsse auf die Käferentwicklung

Seit den 1980er-Jahren führten gehäuft auftretende Naturereignisse wie Stürme, Trockenperioden oder in geringem Ausmass auch Schneedruckschäden zu Massenvermehrungen von Borkenkäfern. Durch den Sturm Lothar im Dezember 1999 wurden rund acht Millionen Kubikmeter Fichtenholz geworfen, etwa vier Prozent des damaligen nationalen Vorrates. In den sieben Jahren danach wurde nochmals die gleiche Menge stehender Fichten durch den Buchdrucker befallen und abgetötet. Nebst dem Sturmholz sorgten hohe Temperaturen und die Trockenheit des Jahrhundertsommers 2003 für weitere potentielle Wirtsbäume für die Borkenkäfer. Warme Vegetationsperioden beschleunigten die Entwicklung der Käfer und erhöhten ihre Eiproduktion: Im Mittelland entwickelten sich beim Buchdrucker in den warmen Jahren 2000 und 2003 drei anstatt der normalerweise zwei Generationen pro Jahr.

Seit Lothar verblieb deutlich mehr ungenutztes Sturm- und Käferholz in den Beständen als in früheren Jahrzehnten. Dies trug ebenfalls zum Aufbau der Buchdruckerpopulationen und somit zu einem hohen Käferdruck bei. In Abbildung 2 sind die Faktoren dargestellt, welche die Grösse einer Käferpopulation beeinflussen.

Die wichtigsten Witterungseinflüsse auf die bedeutenden Borkenkäferarten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Auf warme und trockene Vegetationsperioden reagieren neben dem Buchdrucker vor allem auch der Krummzähne Weiss-tannenborkenkäfer (*Pityokteines curvidens*) sowie verschiedene Föhrenborkenkäfer-Arten wie die Waldgärtner (*Tomicus* spp.), der Sechszähne Föhrenborkenkäfer (*Ips acuminatus*) oder der Zwölfzähne Föhrenborkenkäfer

Tab. 1. Naturereignisse als Einflussfaktoren auf Massenvermehrung und nachfolgenden Stehendbefall für verschiedene Borkenkäferarten.

*** deutlicher Einfluss, ** mässiger Einfluss, *eher geringer Einfluss

Einflussfaktor	Trockenheit	Sturm	Schneedruck
Buchdrucker	***	***	**
Kupferstecher	**(*)	*	***
Krummzähner Weissstannenborkenkäfer	***	**	*
Borkenkäferarten der Föhre	***	*	*
Borkenkäferarten an übrigen Nadelholz	**	**	*

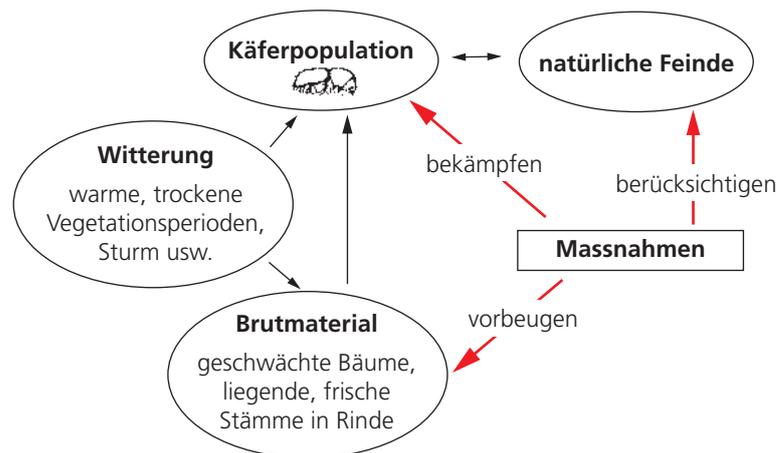


Abb. 2. Steuerung der Entwicklung von Borkenkäfer-Populationen und Einflussnahme durch das Borkenkäfer-Management.

(*Ips sexdentatus*). Nach Sturmereignissen hingegen neigen Tannen- und Föhrenborkenkäferarten weniger deutlich zu Massenvermehrungen.

Je geschwächer ein Baum, desto weniger Borkenkäfer braucht es für eine erfolgreiche Besiedelung. Sind nach einem Ereignis die verbleibenden Bäume vorübergehend stark gestresst, werden sie für die Käfer hoch attraktiv. Es ist mit vermehrtem Stehendbefall zu rechnen. Bei sehr hohem Käferdruck werden gar weitgehend widerstandsfähige Bäume befallen: Wir beobachten das Phänomen des so genannten Primärbefalls. Der Gesundheitszustand und damit die Widerstandskraft der verbleibenden Waldbestände spielt somit eine zentrale Rolle (Abb. 3).

Neben der Witterung schaffen auch Ereignisse wie Feuer oder Lawinen attraktives Brutmaterial für Borkenkäfer, dies jedoch nur auf lokaler Ebene. Benachbarte, nicht betroffene Waldbestände erleiden keine Schwächung und sind wesentlich widerstandsfähiger, als wenn eine ganze Region von Sturm-schäden oder Trockenheit betroffen ist.

Das klassische Borkenkäfer-Management

- naturnaher Waldbau
- Abfuhr von befallstauglichem Stammholz
- Überwachung gefährdeter Bestände
- Rasche Zwangsnutzung bei Stehendbefall
- Entrinden oder Abführen befallener Stämme
- Beachtung und Schonung natürlicher Borkenkäferfeinde

Eine vorbeugende Räumung von Sturmholz entzieht den Borkenkäfern geeignetes Brutmaterial. Rechtzeitige Zwangsnutzungen bei Stehendbefall reduzieren die Populationsdichte. Beide Massnahmen tragen zur Eindämmung einer Massenvermehrung bei.

Borkenkäfer bekämpfen oder nicht?

Ob und wo eingegriffen wird, hängt weitgehend von den Funktionen der betroffenen Waldbestände ab. Grundlagen und Kriterien sollten mit Vorteil schon vor einem Ereignis bekannt und in regionalen Waldentwicklungsplänen festgehalten sein (BAFU 2008).

Mit geeigneten Forstschutz-Massnahmen kann der Stehendbefall durch Borkenkäfer reduziert und die Dauer einer Massenvermehrung verkürzt werden (FORSTER *et al.* 2003; WERMELINGER 2004). Eingriffskriterien zur Sturmholzzräumung sind in Abbildung 4 dargestellt. Bleiben Massnahmen aus, können sich die Käfer bei günstigen Bedingungen sehr stark vermehren und zu flächigem Stehendbefall übergehen (WEISSBACHER 2004; WESLIEN und SCHRÖTER 1996). Durch einen naturnahen Waldbau mit standortgemässen Baumarten und durch die rechtzeitige Abfuhr oder Entrindung von frischem Sturm- und Nutzholz kann das Brutangebot für die Käfer tief gehalten werden (Abb. 5).

Nach grossflächigen Sturmereignissen ist es oft nicht möglich, die erforderlichen Massnahmen rechtzeitig durchzuführen, weshalb Prioritäten auf bestimmte Geländekammern gesetzt werden müssen. Die klassischen Massnahmen behalten dabei weiterhin ihre

Gültigkeit (FORSTER *et al.* 2003; SCHRÖTER *et al.* 2008). Zwangsnutzung bei Stehendbefall – inklusive Vernichten der Bruten oder raschem Abführen befallener Stämme – ist für eine Reduktion der Populationsdichte entscheidend (Abb. 2).

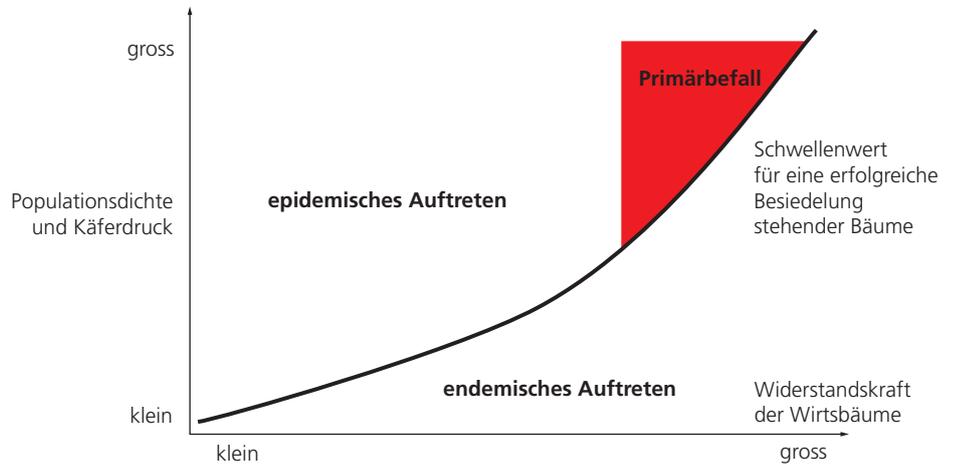


Abb. 3. Käferdruck und Widerstandskraft potentieller Brutbäume bestimmen den Verlauf einer Massenvermehrung. Die Witterung beeinflusst die Widerstandskraft stehender Bäume, kurative Forstschutz-Massnahmen die Populationsdichte und damit den Käferdruck (abgeändert nach BERRYMAN 1982).

Grundlagen: Regionale Waldfunktionen, Gefahrenpotentiale und Waldentwicklungs-Ziele sind bekannt. Eine Forstschutzstrategie ist hergeleitet (BAFU 2008). Geländekammern mit Waldgebieten, in denen Massnahmen angeordnet und koordiniert werden, sind grossflächig ausgeschieden, vorzugsweise schon vor einem Ereignis.

Nach einem Sturm werden das Schadenausmass erfasst, obige Kenngrössen überprüft, diese wo nötig angepasst und Forstschutzgebiete ausgeschieden (BAFU 2008). Die Waldbesitzer werden über kantonale und regionale Strategien informiert.

In Geländekammern mit Massnahmen (z. B. in Pflichtzonen gemäss Sturmschadenhandbuch [BAFU 2008]) kann eine Beurteilung nach folgenden Kriterien erfolgen:

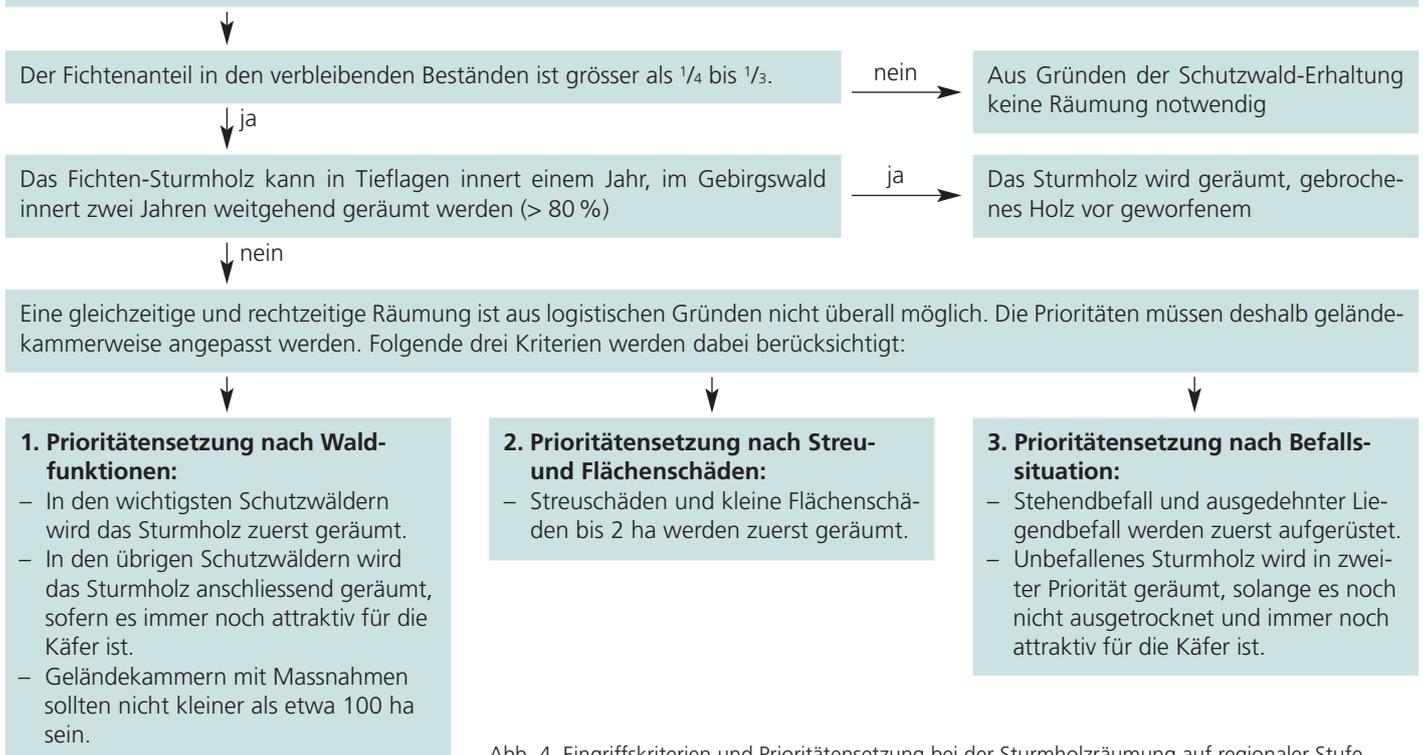


Abb. 4. Eingriffskriterien und Prioritätensetzung bei der Sturmholzzräumung auf regionaler Stufe.



Abb. 5. Das Räumen von Streuschäden und frischen Befallsherden sind effiziente Forstschutz-Massnahmen. Entrindete Stämme können vorerst im Bestand verbleiben. Je nach Marktsituation werden sie anschliessend genutzt oder bleiben liegen.

Vorbeugende Massnahmen

Die wichtigsten vorbeugenden Massnahmen bieten sich im Waldbau. Werden standortgerechte Bestandeszusammensetzungen geschaffen und gleichförmige, gleichaltrige Nadelholzbestände mit hohen Vorräten vermieden, sinkt das Risiko eines Sturmwurfs. Auch die Vermehrung und Ausbreitung der Borkenkäfer wird erschwert. Mischbestände und eine vielfältige Struktur verhindern einen flächigen Käferbefall. Sollte trotzdem eine Baumart ausfallen, können andere Arten die Schutzfunktion übernehmen.

Eine geschickte Nutzungsplanung und Schlagfolge minimieren die so genannten Steilränder, welche Wind und Käfern immer wieder geeignete Angriffsflächen bieten. Nach heisstrockenen Sommern oder Windwurf sollte auf ausgedehnte, reguläre Durchforstungen verzichtet werden, bis sich die Waldbestände wieder erholt haben.

Prioritätensetzung und Risikomanagement

Nach Grossereignissen, insbesondere bei Sturmschäden, müssen auf regionaler und/oder kantonaler Ebene Prioritäten gesetzt werden (BAFU 2008). Zuerst geht es um die Sicherung von Leib und Leben sowie die Öffnung wichtiger Verkehrswege. Erst nachdem ein Überblick

über das Schadenausmass vorliegt, beschäftigt man sich mit detaillierten Forstschutz-Fragen: Bestehende Planungsgrundlagen und Forstschutz-Strategien müssen überprüft und wünschbare Massnahmen bezüglich Realisierung, Wirksamkeit und Finanzierung abgeschätzt werden (Abb. 4). Dabei spielen Faktoren wie die Waldfunktion, personelle und finanzielle Mittel, die Erschliessung und Logistik, der Holzmarkt und nicht zuletzt auch die Waldbesitz-Struktur eine wichtige Rolle. Für oder gegen Räumungen von Sturmholz sprechen neben dem Forstschutz weitere Gründe (BAFU 2008; FREHNER *et al.* 2005), welche durch die direkte und indirekte Schutzwirkung, die Arbeitssicherheit oder durch wirtschaftliche und ökologische Kriterien bestimmt werden. Räumungen sollten nur dann als Forstschutz-Massnahmen bezeichnet werden, wenn sie genügend gründlich durchgeführt und damit Brutmaterial und/oder Käferpopulationen ausreichend dezimiert werden können.

Bei Sturmschäden von bis zu drei Jahresnutzungen behalten bestehende Waldschutzkonzepte meist ihre Gültigkeit. Ein Grossteil des Fichten-Sturmholzes kann rechtzeitig aufgerüstet werden, bevor eine neue Käfergeneration ausfliegt. Bei grösseren Ereignissen müssen oft regionale Prioritäten gesetzt und so genannte Forstschutzgebiete ausgeschieden werden (BAFU 2008,

Abb. 4). Gebiete oder Geländekammern mit Massnahmen sollten dabei möglichst kompakt und grossflächig ausgeschieden werden. Hundert Hektaren gelten dabei wegen einfliegender oder durch Wind verfrachteter Käfer als minimaler Perimeter.

Halbherzige Massnahmen innerhalb einer Geländekammer nützen nur wenig oder sind gar kontraproduktiv, da die Käferpopulation zuwenig reduziert wird und neu freigestellte Bäume bei hohem Käferdruck bevorzugt befallen werden. Sturmholz und Käferdruck müssen soweit vermindert werden können, dass kein epidemischer Befallsverlauf auftritt (Abb. 3). Dies wird nach einem mittelstarken Sturmereignis und durchschnittlichen Befallsbedingungen ab einem Räumungsgrad von etwa 80 Prozent des Sturm- und Käferholzes erreicht. Dabei sollte in einer Geländekammer das liegenbleibende Sturmholz gleichzeitig weniger als zwei bis drei Prozent des ursprünglich stehenden Fichtenvorrats ausmachen, damit ein Übergreifen auf stehende Fichten massgeblich reduziert werden kann. Bei diesen Zahlen handelt es sich um Erfahrungswerte von Waldschutz Schweiz aus den Jahren nach dem Sturm Lothar von 1999.

Eine Ausnahme bilden grosse Flächenschäden. Hier kann auch mehr Sturmholz liegen bleiben. Auf mehreren Hektaren grossen Windwurfflächen reicht die lokale Borkenkäfer-Grundpopulation häufig gar nicht aus, um alle Stämme zu befallen (Abb. 6). Ein grosser Teil der Stämme trocknet aus, ohne besiedelt zu werden. Sturm-Streuschä-

Wie weit fliegen Borkenkäfer?

Ein Teil einer Käferpopulation bleibt in unmittelbarer Umgebung ihrer Käfernester, der andere Teil fliegt weg. Meistens werden neue Befallsherde in der Umgebung von wenigen hundert Metern gebildet. Eine Befallsfront breitet sich somit mosaikartig aus. Häufig beschränkt sich dies auf eine Talseite. Zusätzlich können Käfer auch über mehrere Kilometer passiv durch den Wind verfrachtet werden. Der Verdünnungseffekt ist jedoch gross und der Landeort zufällig, oft auch ausserhalb des Waldes. Falls an einem Prallhang des Windes aber bruttaugliche Bäume stocken, können verfrachtete Käfer Bestände auch weitab bisheriger Herde neu befallen.

den hingegen bergen das grössere Gefahrenpotential, denn die geworfenen Bäume trocknen im Schatten der verbleibenden Bestände weniger schnell aus. Die Stämme tragen daher länger und stärker zur Vermehrung der Käfer bei als das liegende Holz in grossen Sturmflächen.

Je intensiver Sturmereignisse ausfallen, desto grösser werden die logistischen Herausforderungen für Waldbesitzer und Forstbetriebe, desto geringer ist die Wirkung einer vorbeugenden Sturmholzräumung und desto wichtiger wird eine Konzentration der Massnahmen auf Streuschäden und den Stehendbefall. Mit der Sturmintensität nimmt auch der Schädigungsgrad der stehen gebliebenen Bäume und damit deren Attraktivität für die Käfer zu.

Brutmaterial reduzieren

Nach einem Windwurf werden beim Aufrüsten des Sturmholzes nicht nur räumliche und zeitliche Prioritäten gesetzt. Die Massnahmen können gemäss Tabelle 2 noch weiter verfeinert werden. Das Ziel besteht immer darin, den Käfern in den Folgemonaten (bis etwa zwei Jahren) möglichst wenig attraktives Brutmaterial anzubieten. Gebrochene, gut besonnte Stämme werden sehr rasch bruttauglich, geworfene, beschattete erst einige Wochen bis gar Monate später. In diesem Fall lohnt sich unter Umständen sogar eine vorübergehende, so genannte Lebendkonservierung. Können hingegen nicht alle liegenden Stämme rechtzeitig entfernt werden, muss man jene belassen, die rasch austrocknen und bald nicht mehr bruttauglich sind.

Zur Bewältigung eines Windwurfereignisses soll die Entscheidungshilfe im Sturmschadenhandbuch (BAFU 2008) beigezogen werden. Mit dem Ausscheiden unterschiedlicher Behandlungszonen optimiert man die Prioritätensetzung und trägt den Waldfunktionen und den vorhandenen Mitteln Rechnung.

Massnahmen nach Stehendbefall

Durch die Nutzung befallener, stehender Stämme kann die Vermehrung von Borkenkäfern reduziert und der Befallsdruck gesenkt werden. Vor allem kriti-

Sturmschaden-Handbuch: Vollzugshilfe für die Bewältigung von Sturmschadenereignissen von nationaler Bedeutung im Wald (BAFU 2008)

Im Sturmschaden-Handbuch des BAFU werden Massnahmen und Abläufe zur Bewältigung bedeutender Windwurfereignisse im Schutzwald aufgelistet. Dabei spielen die Herleitung einer Forstschutzstrategie und die Ausscheidung von Forstschutzgebieten eine wichtige Rolle. Eine Forstschutzstrategie sollte auf Stufe Kanton und Region schon vor einem Ereignis festgelegt sein. Im Schadensfall legen die Forstdienste gemäss kantonalen Vorgaben Zonen fest, in welchen eingegriffen werden muss (Anordnungszonen, Pflichtzonen), eingegriffen werden kann (Unterstützungszonen) sowie Zonen in denen Forstschutz-Massnahmen finanziell nicht unterstützt werden (Freizonen).

Tab. 2. Differenziertes Vorgehen bei der lokalen Sturmholzräumung.

* Zeitspanne mit maximal einer Vegetationsperiode in tieferen Lagen, zwei im Gebirge

Sturmereignis und Massnahme	gut zu bewältigen in 1 bzw. 2 Jahren*	nicht zu bewältigen in 1 bzw. 2 Jahren*
Streuschäden/Flächenschäden räumen	Räumungsfortschritt spielt keine Rolle, sofern Massnahme innert einer Käfergeneration durchgeführt wird. Falls nicht: Flächenschäden vor Streuschäden räumen	Streuschäden vor Flächenschäden aufrüsten
gebrochene/geworfene Stämme räumen	gebrochene Stämme vor geworfenen aufrüsten	geworfene Stämme vor gebrochenen aufrüsten
frisch geworfene Stämme am Stock belassen (Lebendkonservierung)	ist möglich, vor allem in schattigen Lagen Kontrollgänge sind aber unabdingbar und personelle und technische Mittel für einen Eingriff müssen bei Befallseintritt vorhanden sein.	nicht empfehlenswert
Sturmholz-Anteile gezielt als natürliche Fangbäume belassen	ist möglich, vor allem entlang von Sturmflächen-Rändern; Kontrolle und Entrinden oder Abführen befallener Stämme vor dem Ausflug der Käfer müssen unbedingt gewährleistet sein, sonst ist die Massnahme kontraproduktiv	nicht empfehlenswert



Abb. 6. Grossflächige Sturmschäden von mehreren Hektaren müssen nicht prioritär aufgerüstet werden.

sche Bestandesränder und Nadelholzbestände mit letztjährigem Käferbefall müssen aktiv überwacht werden, damit nach einem Neubefall noch genügend Zeit zum Eingreifen bleibt. Dank dem geklumpt auftretenden Stehendbefall kann in den Befallsnestern gezielt eingegriffen werden. Rechtzeitige Zwangsnutzungen sind so meist wirksamer als vorbeugende Sturmholz-Räumungen. Auch wenn das Sturmholz nicht im gewünschten Mass aufgerüstet werden kann, ist die Käferbekämpfung bei Stehendbefall von höchster Priorität. Frisch entstehende Käfernester dürfen auf keinen Fall zugunsten einer weiteren Sturmholzräumung vernachlässigt werden. Tritt Stehendbefall auf, ist das liegende Sturmholz meist schon deutlich angetrocknet und für Borkenkäfer bald nicht mehr attraktiv.

Im Bereich von geräumten Windwürfen tritt Stehendbefall in Tieflagen ein halbes, im Gebirge ein Jahr früher in Erscheinung als wenn das Sturmholz liegen bleibt; der Stehendbefall ist aber deutlich schwächer und von kürzerer Dauer als wenn keine oder nur punktuelle Massnahmen getroffen wurden (Abb. 7). Ist noch liegendes, als Brutmaterial geeignetes Holz vorhanden, vermehren sich die Borkenkäfer zuerst darin, bevor sie mit ein bis zwei Generationen Verspätung – dafür umso heftiger – zum Stehendbefall übergehen.

Ausgedehnter Stehendbefall ist für die Waldbesitzer und Forstbetriebe eine grosse Herausforderung. Überwa-

chung, Zwangsnutzung, Zwischenlagerung und rechtzeitige Abfuhr oder Entrindung des Holzes müssen gut aufeinander abgestimmt sein. Wo Massnahmen getroffen werden, darf keine neue Käfergeneration mehr ausfliegen! Um eine Wirkung zu erzielen, muss das Holz deshalb vor dem Ausfliegen der Borkenkäfer abgeführt oder entrindet sein. Gelingt dies nicht, werden oft freigestellte Randbäume neu befallen (Abb. 8). Kritische Bestände müssen deshalb aktiv überwacht werden. Das systematische Suchen nach Bohrmehl am Stammfuss hilft, befallene Fichten rechtzeitig zu erkennen. Häufig ist es zu spät, wenn der Borkenkäfer-Befall erst bei der Verfärbung der Kronen entdeckt wird. Wie lange die Käfer unter der

Rinde bleiben, hängt von der Witterung, der Generationenfolge und vom Ort der Überwinterung im Boden oder unter der Rinde ab. Schwierige Bedingungen für ein rechtzeitiges Erkennen und Aufrüsten befallener Bäume ergeben sich beispielsweise, wenn eine zweite Käfergeneration ausgebildet wird und diese im Spätsommer bei noch grüner Krone ausfliegt (Abb. 9, Variante d). Häufig gibt es auch Mischformen der Überwinterung, so dass ein Teil der Käfer unter der Rinde, der andere im Boden überwintert. Vor allem im Frühling sollten frisch verlassene Käferbäume nicht geschlagen werden (Abb. 9, Varianten a und c), da ein grosser Teil der natürlichen Borkenkäferfeinde bis zu einem Monat später

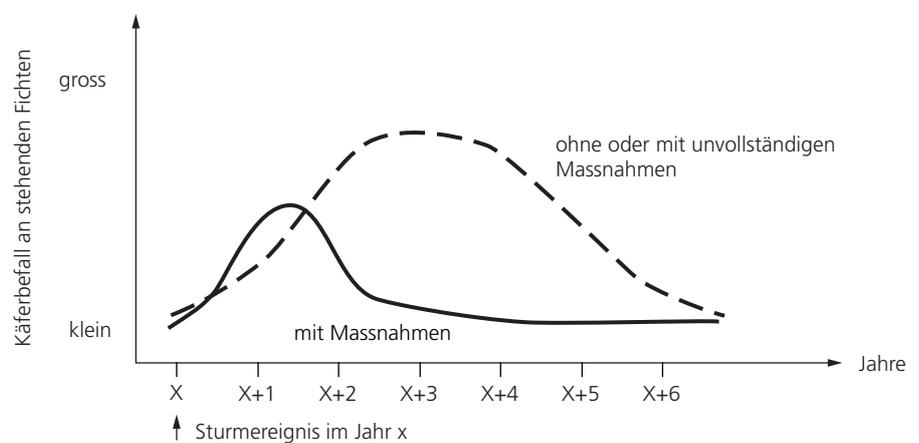


Abb. 7. Verlauf einer Borkenkäfer-Massenvermehrung mit und ohne Bekämpfungsmassnahmen (Sturm- und Käferholzräumung), wie sie nach den Stürmen Vivian (1990) und Lothar (1999) beobachtet werden konnte.

Pufferzonen

Liegen Geländekammern mit und ohne Forstschutz-Massnahmen nebeneinander, kann dies im Grenzbereich zu erhöhtem Käferbefall führen. Attraktive Randbäume entlang sanierter Befalls-herde werden neu besiedelt, falls der Befallsdruck aus der Geländekammer ohne Massnahmen hoch bleibt. Deshalb sind Pufferzonen nicht in Fichtenbeständen mit einer direkten Schutzfunktion zu planen, sondern in einem genügend breiten Randbereich einer Geländekammer mit Massnahmen.

Eine Pufferzonenbreite von 500 Metern hat sich in der Praxis bewährt. Noch besser ist es, wenn unterschiedlich behandelte Waldkomplexe durch Gebirgsketten, Alpweiden, Siedlungen oder Laubholzbestände natürlich abgegrenzt werden können.



Abb. 8. Gelingt es nicht, den Käferdruck genügend zu senken, werden freigestellte Randbäume frisch befallen.

Lockstoff-Fallen

Während Massenvermehrungen tragen Lockstoff-Fallen nichts zur Bekämpfung von Borkenkäfern bei. Trotz beachtlicher Fangzahlen kann der Populationsaufbau im liegenden Holz und der Befall von geschwächten, stehenden Bäumen nicht verhindert werden. Nur bei mässig starkem Käferdruck und nur wenn die Fallen attraktiver sind als stehende Bäume, kann das lokale Befallsrisiko durch Abschöpfen der Käfer gesenkt werden.

Zur Überwachung können Fallen hingegen auch bei Massenvermehrungen nützlich sein. Die Fangzahlen geben Hinweise zum Schwärmverlauf und auf die Generationenfolge. Vorsicht ist hingegen bei der Interpretation der Fangmenge geboten. Nicht nur die Populationsdichte beeinflusst die Fangzahlen, sondern auch die zu- oder abnehmende Attraktivität der vorhandenen Brutbäume sowie die effektiven Witterungsverhältnisse.

ausfliegt und so vernichtet würde (WERMELINGER *et al.* 2002). Befallsmerkmale und Angaben zur Biologie des Buchdruckers können dem Merkblatt für die Praxis Nr. 18 entnommen werden (NIERHAUS-WUNDERWALD und FORSTER 2004).

Massnahmen nach Trockenjahren

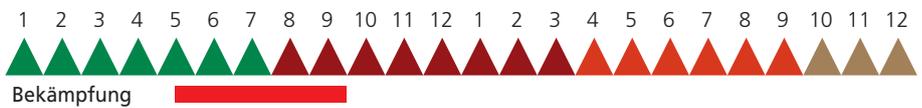
Trockenheit und Hitze können die Widerstandskraft der Bäume entscheidend reduzieren und so eine Massenvermehrung von Borkenkäfern auslösen. Normalisiert sich die Witterung in den Folgejahren, erholen sich die Wirtsbäume. Ihre Abwehrkraft gegen Käferbefall nimmt wieder zu. Durch die Nutzung frisch befallener Bäume werden die Käferpopulation und der Befallsdruck reduziert, so dass die Population nach einem oder mehreren Trockenjahren rascher wieder zurückgeht, als wenn sich die Borkenkäfer ungehindert vermehren konnten (Abb. 3).

Auch nach Witterungsextremen werden für Geländekammern Prioritäten gesetzt. Es gelten die gleichen Entscheidungs- und Abgrenzungskriterien wie bei Käferepidemien nach Windwurf. Ausserdem sollte während ausserordentlichen Trockenperioden auf reguläre Durchforstungen verzichtet wer-

a) eine Generation, Überwinterung im Stamm



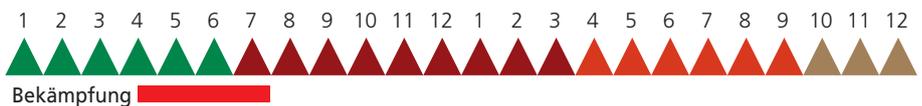
b) eine Generation, Überwinterung im Boden



c) zwei Generationen, Überwinterung im Stamm



d) zwei Generationen, Überwinterung im Boden



 Borkenkäfer oder Larven im Baum, vom Befallszeitpunkt bis zum Ausflug der neuen Generation.
Zeitspanne für einen rechtzeitigen Eingriff

Mögliche Farben der Krone:

-  grün
-  rot
-  rot-braun
-  braun bis gräulich

1 bis 12: Januar bis Dezember

Abb. 9. Generationenfolge des Buchdruckers, Befallsverlauf und Kronenverfärbungen. Die orangen Balken markieren die möglichen Zeitspannen für einen Bekämpfungseingriff.

den. Jeder Eingriff stresst die verbleibenden Bäume zusätzlich und ihre Attraktivität für die Käfer steigt dadurch weiter an.

Leicht erhöhte Durchschnittstemperaturen führen allein noch zu keiner Borkenkäfer-Massenvermehrung. Entscheidend sind Extremereignisse wie Stürme oder lang andauernde, sommerliche Hitze- und Trockenperioden, wie sie sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten häuften und auch in Zukunft zu erwarten sind (OcCC/ProClim 2007). Geraten Nadelholzbestände bei weiter steigenden Temperaturen und Niederschlagsdefiziten zunehmend unter Dauerstress, muss einer

natürlichen Waldentwicklung mit Absterbeprozessen und Erneuerung vermehrt ihren Lauf gelassen werden. Ein eindrückliches Beispiel dazu ist der Umbau von Föhrenbeständen im Kanton Wallis (RIGLING *et al.* 2006). Die Wirkung von Käferbekämpfungsmassnahmen nimmt unter solchen Bedingungen ab.

Im Schutzwald können tote, langsam zusammenbrechende Bestände häufig noch einen gewissen Schutz vor Naturgefahren bieten, bis wieder ein Bestand herangewachsen ist (KUPFERSCHMID *et al.* 2004). Dies ist in der Regel immer noch besser als grossflächig kahl geschlagene Hänge. Ob der vorübergehend

eingeschränkte Schutz durch das Totholz ausreicht, oder ob von letzterem gar eine Gefahr ausgeht, muss vor Ort abgeschätzt werden. Über die Schutzwirkung von Totholzbeständen (AMMANN 2006) liegen erst wenige Erfahrungen vor.

Dank

Ohne Unterstützung durch die kantonalen Forstdienste wäre die Zusammenstellung der Erkenntnisse und Praxiserfahrungen zum Borkenkäfer-Management nicht möglich gewesen. Eine namhafte finanzielle Unterstützung leistete das BAFU im Rahmen der «Waldbeobachtung Schweiz» und des Projektes «Lothar und Borkenkäfer: Untersuchungen zur Wirksamkeit von Bekämpfungsmassnahmen und natürlicher Regulation».

Zitierte Literatur

- AMMANN, M., 2006: Schutzwirkung abgestorbener Bäume gegen Naturgefahren. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 228 S.
- BAFU (Hrsg.), 2008: Sturmschaden-Handbuch. Vollzugshilfe für die Bewältigung von Sturmschadeneignissen von nationaler Bedeutung im Wald. Umwelt-Vollzug Nr. 0801. Bern, Bundesamt für Umwelt (BAFU). 3. überarbeitete Auflage. 241 S.
- BERRYMAN, A.A., 1982: Biological control, thresholds, and pest outbreaks. *Environ. Entomol.* 11, 3: 544–549.
- 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: 431–436.

- FREHNER, M.; WASSER, B.; SCHWITTER, R., 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wälder mit Schutzfunktion. Anhang 7: Verwendung von Holz an Ort und Stelle. Bern, Bundesamt f. Umwelt, Wald, Landsch. 12 S.
- KUPFERSCHMID, A.D.; BRANG, P.; BUGMANN, H.; SCHÖNENBERGER, W., 2004: Schutzwirkung von Gebirgswäldern nach Buchdruckerbefall. Wie gut schützen Totholzbestände vor Naturgefahren? *Wald Holz* 85, 1: 33–36.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; FORSTER, B., 2004: Zur Biologie der Buchdruckerarten. *Merkbl. Prax.* 18 (3. überarbeitete Auflage): 8 S.
- OcCC / ProClim, 2007: Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern, OcCC / ProClim. 171 S.
- RIGLING, A.; DOBBERTIN, M.; BÜRGI, M.; GIMMI, U.; GRAF PANNATIER, E.; GUGERLI, F.; HEINIGER, U.; POLOMSKI, J.; REBETZ, M.; RIGLING, D.; WEBER, P.; WERMELINGER, B.; WOHLGEMUTH, T., 2006: Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? *Merkbl. Prax.* 41: 16 S.
- SCHRÖTER, H.; APEL, K.-H.; BAIER, U.; LOBINGER, G., 2008: Borkenkäfer an Nadelbäumen: überwachen und bekämpfen. Bonn, aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. 7., überarbeitete Aufl. 48 S.
- WEISSBACHER, A., 2004: Borkenkäfermassenvermehrung im Nationalpark Bayerischer Wald – Brutraum und günstige Witterung sind entscheidend. *Waldforschung aktuell. Nachrichten aus dem Zentrum Wald-Forst-Holz, Weihenstephan.* 4: 1–2.
- WERMELINGER, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *For. Ecol. Manage.* 202: 67–82.
- WERMELINGER, B.; EPPER, C.; SCHNEIDER MATHIS, D., 2002: Das Erbe des Borkenkäfers: Warum tote Käferbäume stehen lassen? *Wald Holz* 83, 4: 39–42.
- WESLIEN, J.; SCHRÖTER, H., 1996: Natürliche Dynamik des Borkenkäferbefalls nach Windwurf. *Allg. Forst Z./Der Wald* 51, 19: 1052–1055.

Weiterführende Literatur

- ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B., 2002: *Waldschutz auf ökologischer Grundlage.* Stuttgart, Ulmer. 434 S.
- HEDGREN, P.O.; SCHROEDER, L.M., 2004: Reproductive success of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and occurrence of associated species: a comparison between standing beetle-killed trees and cut trees. *For. Ecol. Manage.* 203: 241–250.
- LACKNER, CH.; STEYRER, G. (Red.), 2008: *Borkenkäfer.* BFW-Praxisinformation, Wien, 17: 32 S.
- LOBINGER, G., 2004: Borkenkäfer – ein gefragtes Thema. *LWF aktuell* 43: 38–39.
- MEIER, A., 2002: Die Forstschutz-Strategie im Kanton Bern nach Lothar. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153, 3: 107–111.
- MEIER, F.; GALL, R.; FORSTER, B., 2003: Ursachen und Verlauf der Massenvermehrungen des Buchdruckers (*Ips typographus*) in der Schweiz von 1984 bis 1999. *Schweiz. Z. Forstwes.* 154, 11: 437–441.
- PONTUALI, S.; BURZLAFF, T.; SCHRÖTER, H., 2008: Der Buchdrucker (*Ips typographus* [L.] im «Bannwald Napf». Rekonstruktion der Populationsdynamik in den Jahren 1990 bis 2006. *Ber. Freibg. Forstl. Forsch.* 77: 56 S.
- 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. *Agric. For. Entomol.* 4: 47–56.
- VON GRÜNIGEN, C., 2006: Die Borkenkäferkatastrophe im Rückblick. *Wald Holz* 87, 9: 51–52.
- WERMELINGER, B.; FORSTER, B.; GODET, J.-D.; 2007: Borkenkäfer. Lebensweise und Befallsmerkmale wichtiger Rinden- und Holzbrüter und ihre Wirtsbaumarten. *Hinterkappelen, Arboris.* 64 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen, interessierte Laien usw.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Zeitschrift

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Die neuesten Ausgaben und pdf

www.wsl.ch/publikationen/reihen/merkblatt/

Managing Editor

Dr. Ruth Landolt
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch
www.wsl.ch/publications/

Lektorat: Martin Moritzi, WSL
Layout: Sandra Gurzeler, WSL

Druck: Sihldruck AG