

# Forschung zu insektizidfreiem Borkenkäfermanagement

Die Waldschuttsaison 2017/2018 hat in besonderer Weise die Probleme bei der Bewältigung großer Wurf- und Bruchereignisse und der ihnen folgenden Vermehrung bast- und holzbesiedelnder Insekten aufgezeigt. Im Forschungsprojekt „bioProtect“ wird versucht, im Wald liegendes Holz ohne Insektizideinsatz vor der Besiedlung durch Borkenkäfer zu schützen. Bezugnehmend auf die Borkenkäfersituation 2018 in Sachsen soll das Potenzial der untersuchten Verfahren für die forstliche Praxis aufgezeigt werden.

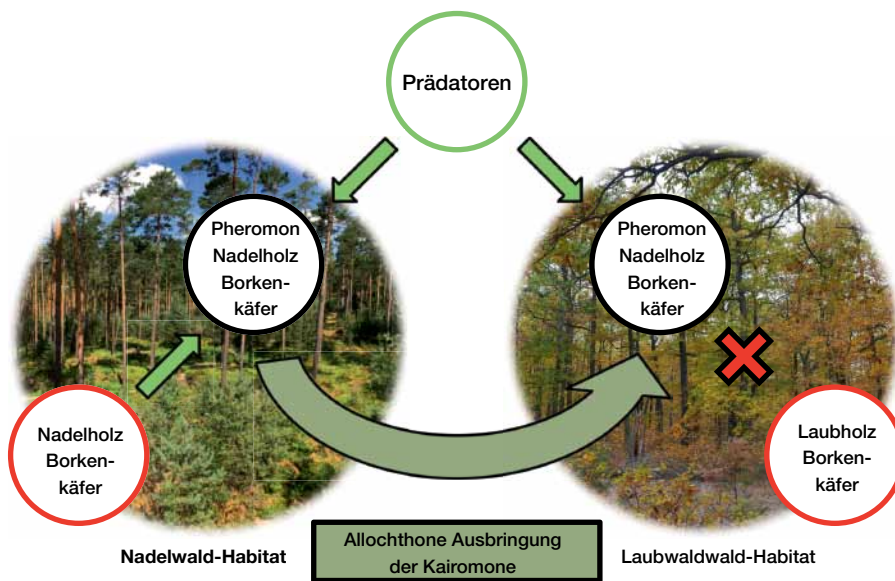


Abb. 1: Funktionsprinzip Ausbringung der allochthonen Kairomone

Robert Friedrich, Marco Schneider,  
Michael Wehnert-Kohlenbrenner

Die Stürme „Herwart“ (2017) und „Friederike“ (2018) sorgten in Sachsen für eine Schadh Holzmenge von geschätzt 1.742.000 m<sup>3</sup>. Das entspricht etwa der Schadm Menge des Sturmtiefs „Kyrill“ aus dem Jahr 2007 [1]. Aufgrund der Holzmenge und Ausdehnung der Schadf läche wurde es für die Waldeigentümer schwierig, Unternehmen zu finden, um das Kalamitätsholz vor Beginn der Schwärmphase holz- und rindenbrütender Insekten aufarbeiten und abfahren zu lassen. Zum anderen sanken die Holzpreise schnell auf ein Niveau, das die kostendeckende Holzvermarktung erschwerte. Diese Faktoren führten dazu, dass brutfähiges Material (liegender Ganzbaum, flächiger Wurf, aufgesetzter Polter) sehr lange im Wald verblieb. Der Winter 2017/2018 und die Trockenheit im Jahr 2018 boten gute

Entwicklungsbedingungen für den bedeutsamsten mitteleuropäischen Borkenkäfer, den Buchdrucker [1]. Verbliebene gesunde Bäume gerieten wegen der plötzlichen Freistellung nach den Stürmen bzw.

## Schneller Überblick

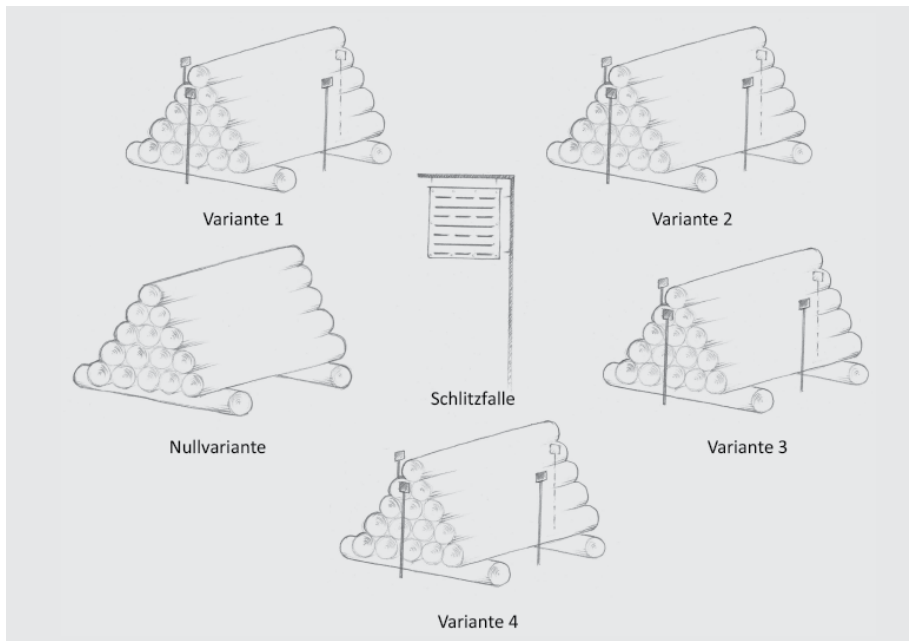
- In dem Forschungsprojekt „bioProtect“ wird die Entwicklung und Umsetzung biotechnischer Verfahren zur insektizidfreien Borkenkäferregulation untersucht
- Vorgestellt werden Wirkprinzipien und ausgewählte Ergebnisse bei waldlagerndem Holz für verschiedene Borkenkäfer- und Wirtsbaumarten
- Die Verfahren konnten fallweise bereits sehr hohe Wirkungsgrade erreichen, die nicht wesentlich unter denen der zugelassenen Insektizide liegen

dem niederschlagsarmen Sommer in eine Stresssituation und bildeten damit weiterhin reichlich bruttaugliches Material. Es kam vermehrt zur Entstehung von Käfernestern (Stehendbefall).

Der Insektizideinsatz zum Schutz von im Wald lagerndem Holz vor Borkenkäferbefall konnte bei den beschriebenen Szenarien kaum Abhilfe schaffen. Ungeachtet der bekannten negativen Auswirkungen der Insektizide auf das Waldökosystem limitieren weitere Vorgaben deren Einsatz. So ist für den Einsatz der wenigen noch zugelassenen Insektizide (Karate Forst flüssig, Fastac Forst, FORESTER, Cyperkill Forst, Storanet) [2] zum Schutz von liegendem Holz vor Borkenkäfern ein Sachkundenachweis erforderlich. Darüber hinaus dürfen die Mittel nur einmal bzw. zweimal (FORESTER, Cyperkill Forst) pro Jahr angewendet werden. Hinzu kommt, dass die hohen Wirkungsgrade (>95 %) meist nur wenige Wochen (Storanet ausgenommen) anhalten [3].

Somit zeigte das Jahr 2018 in besonderer Weise die Notwendigkeit von neuen Verfahren zur Regulation von Borkenkäferpopulationen für die forstliche Praxis. Gleichzeitig ließen sich Ansprüche an neu zu entwickelnde Verfahren für den Wirtschaftswald ableiten:

- Die Besiedlung und Entwertung von Brutmaterial (lebende, gestresste Bäume und liegendes oder gepoltertes Holz) sollen bestmöglich und so lange wie möglich vermieden werden.
- Bei bereits besiedeltem Material muss die Quellwirkung reduziert werden (z. B. durch die Erhöhung der Mortalität der Brut).
- Es sind Alternativen zum Insektizideinsatz zu entwickeln (Insektizide wir-



Quelle: M. Schneider

Abb. 2: Schematischer Versuchsaufbau der Substanzversuche am Polter

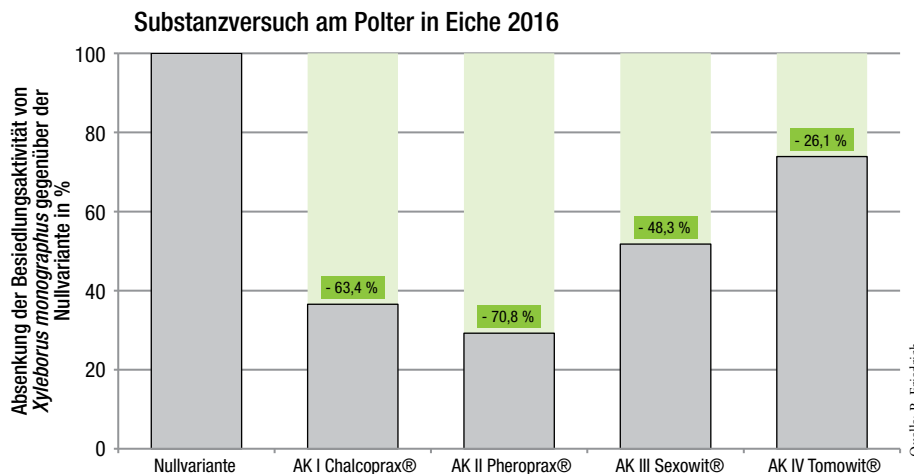
- Nebenwirkungen im Ökosystem sind zu minimieren.
- Die Anwendbarkeit soll auch schwer erreichbare Gebiete und Flächen mit Schutzfunktion einschließen. Darüber hinaus sind v. a. die wirtschaftlich bedeutsamen Baumarten (Laub- und Nadelholz) vor ihren wichtigsten Schadorganismen zu schützen.
- Nützlinge (Borkenkäferantagonisten wie z. B. Prädatoren oder Parasitoide) sollen geschützt bzw. vermehrt oder aggregiert werden.

### Ziel: Insektizidfreie Borkenkäferregulation

Seit Dezember 2015 läuft das vom Waldklimafonds geförderte Forschungsprojekt „bioProtect“. Projektpartner sind die Georg-August-Universität Göttingen, die Technische Universität Dresden und die Ostdeutsche Gesellschaft für Forstplanung mbH (OGF). Ziel des Projektes ist die Entwicklung und praktische Umsetzung biotechnischer Verfahren der insektizidfreien Borkenkäferregulation, u. a. durch Nutzung und Steuerung natürlicher Borkenkäferantagonisten. Hierzu wurden die drei wichtigsten Wirkprinzipien untersucht.

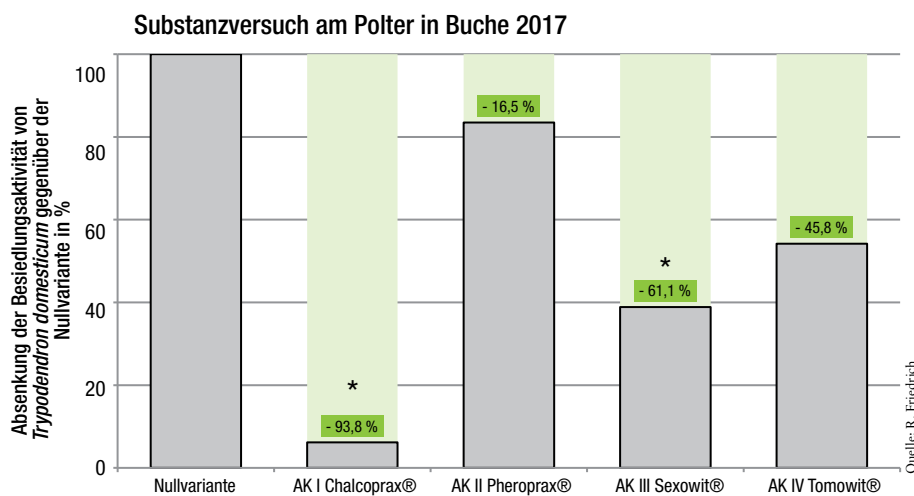
### Allochthone Kairomone (AK)

Das 2004 entwickelte Prinzip der Ausbringung „Allochthoner Kairomone“ – AK (Abb. 1) beruht auf der Tatsache, dass sich die Borkenkäferprädatoren (z. B. Ameisenbuntkäfer) generalistisch von vielen verschiedenen Borkenkäferarten ernähren [4]. Die Borkenkäfer hingegen sind meist auf eine oder ein paar wenige Wirtsbaumarten spezialisiert. Die Prädatoren registrieren die Pheromone, welche die Borkenkäfer zur Kommunikation untereinander nutzen, und finden damit ihre Beute auf. Das Pheromon einer Borkenkäferart, welches z. B. vom Ameisenbuntkäfer zur Beutefindung genutzt wird, wird Kairomon bezeichnet. Andere Pheromone einer Borkenkäferart (z. B. das Sexualpheromon des Buchdruckers im Fichtenhabitat) sind für andere Borkenkäferarten (z. B. Eschenbastkäfer im Eschenhabitat) meist nicht aggregierend lockwirksam. In beiden Habitaten kommen Ameisenbuntkäfer vor, welche sich sowohl von Buchdruckern als auch von Eschenbastkäfern ernähren. Wird das Pheromon des Buchdruckers aus dem Fichtenhabitat, in



Quelle: R. Friedrich

Abb. 3: Ergebnis der Einbohrlocherfassungen von Xyleborus monographus am Eichenholzpolter; Anzahl insgesamt erfasster Einbohrlöcher N = 708



Quelle: R. Friedrich

Abb. 4: Ergebnis der Einbohrlocherfassungen von Trypodendron domesticum am Buchenholzpolter; Anzahl insgesamt erfasster Einbohrlöcher N = 305

\* – Besiedlungsminderung ist signifikant gegenüber der Nullvariante

dem es heimisch (autochthon) ist, in das Eschenhabitat verbracht, ist es nunmehr gebietsfremd (allochthon). Eine Reaktion der Eschenbastkäfer bleibt aus und Buchdrucker, welche auch über weite Strecke noch angezogen werden könnten, finden kein bruttaugliches Material. Allerdings kommt es zu einer räumlichen Konzentration der Prädatoren, sodass diese beispielsweise an einem vor Käferbefall zu schützenden Eschenholzpolter gezielt aggregiert werden könnten. Mit allochthonen Kairomonen kann somit die Attraktivität von liegendem Holz für Borkenkäfer gemindert und gleichzeitig ein natürlicher Schutz durch Anlockung von Prädatoren erreicht werden.

#### Nicht-Wirtsbaum-Düfte (NHVs)

Die Nicht-Wirtsbaum-Düfte („Non-host volatiles“ – NHVs) beruhen auf der Analyse charakteristischer, flüchtiger chemischer Verbindungen, die von Bäumen abgegeben werden. So lassen sich „Duftmuster“ verschiedener Baumarten unterscheiden. Solche Düfte nutzen z. B. Holz besiedelnde Insekten zur Identifizierung eines geeigneten Wirtsbaumes. Ziel dieses Wirkprinzips zur Steuerung von Borkenkäfern ist es, das Duftmuster einer Baumart so gut zu imitieren, dass man eine andere Baumart damit für die Borkenkäfer tarnen kann. Beispielsweise könnte eine Fichte so getarnt werden, um zu „riechen“ wie eine Buche, wodurch sie für den Buchdrucker als potenzieller Wirtsbaum unattraktiv erscheint. Mit Nicht-Wirtsbaum-Düften wird somit die Attraktivität des Holzes gemindert.

#### Antiaggregationssubstanzen (AA)

Für verschiedene Borkenkäferarten sind bereits Substanzen bekannt, die den Artgenossen kommunizieren sollen, dass der zur Verfügung stehende Brutraum bereits vollständig besiedelt ist (ein Beispiel ist Verbenon beim Buchdrucker [5]). Sind die Substanzen, welche bei einer Borkenkäferart die Antiaggregation auslösen, bekannt, können diese benutzt werden, um unbefallenes Holz zu tarnen und für die schwärmenden Käfer unattraktiv werden zu lassen.

### Einige Forschungsergebnisse

Während sich die Experten an der Georg-August-Universität Göttingen der chemischen Analyse potenziell interessanter Substanzen für derartige Verfahren

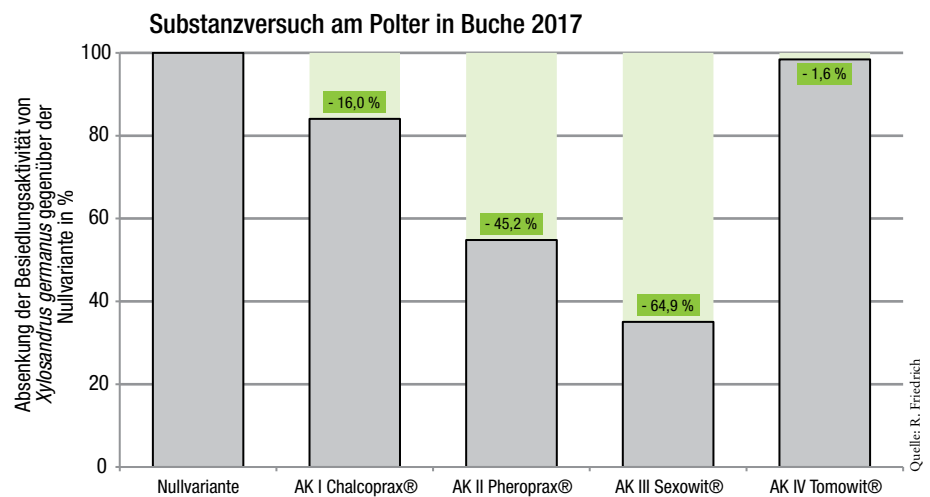


Abb. 5: Ergebnis der Einbohrlocherfassungen von *Xylosandrus germanus* am Buchenholzpolter; Anzahl insgesamt erfasster Einbohrlöcher N = 1.029

widmen, werden an der Technischen Universität Dresden diese Substanzen in Borkenkäfer-Schlitzfallen und an Fanghölzern im Freiland erprobt. Fachleute der OGF wiederum sind dabei, die Erkenntnisse der Kooperationspartner in ein praxistaugliches Verfahren zu überführen. Dazu wurden im Freiland erweiterte Fangholzversuche, Untersuchungen an Versuchspoltern und Versuche an simulierten Windwürfen (liegenden Ganzbäumen) durchgeführt. Die Ausbringung der Substanzen erfolgte mittels Membrandispensern.

Die Pheromonauflklärung der bedeutenden Nadelholzborkenkäfer ist bereits sehr weit fortgeschritten, sodass eine breite Palette an Substanzen zum Schutz von Laubholz zur Verfügung steht. Bei den im Laubholz vorkommenden Borkenkäferarten besteht noch größerer Forschungsbedarf, um Substanzen zum Schutz von Nadelholz bereitstellen zu können. Im Folgenden sollen bedeutsame Ergebnisse der letzten drei Versuchsjahre aus Laub- und Nadelwaldhabitaten vorgestellt werden.

Der grundlegende Versuchsaufbau ist in Abb. 2 dargestellt. Die Besiedlungsergebnisse der einzelnen Testvarianten werden dem der Nullvariante (Referenz) gegenübergestellt. Eine Schlitzfalle dient dem Monitoring der im Habitat vorkommenden Borkenkäfer- und Antagonistenarten. Der Aufbau und die Behandlung der einzelnen Varianten erfolgten vor dem Schwärmbeginn der erwarteten Borkenkäferarten.

#### Eiche und Buche

In der Eiche und der Buche wurden vier verschiedene Standard-Dispenser von Na-

delholzborkenkäfern (Fichte: Chalcoprax und Pheroprax, Kiefer: Sexowit und Tomowit) zum Schutz liegenden Holzes erprobt. Diese können sowohl im Eichen-Habitat wie auch im Buchen-Habitat als allochthone Kairomone betrachtet werden. Im Untersuchungsjahr 2016 konnte auf den Eichen-Flächen vermehrt Einbohraktivität des Eichenholzbohrers (*Xyleborus monographus*) beobachtet werden. Die Ergebnisse des Eichen-Versuchs sind in Abb. 3 dargestellt. Alle getesteten Nadelholz-Dispenser konnten die Befallsaktivität verglichen mit der Nullvariante reduzieren (zwischen 26,1 und 70,8 %).

In der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) konnten in den Versuchsjahren 2016 und 2017 Erkenntnisse zum Laubnutzholzborkenkäfer (*Trypodendron domesticum*, Abb. 4) und dem Schwarzen Nutzholzborkenkäfer (*Xylosandrus germanus*, Abb. 5) erzielt werden. Auch hier führten alle verwendeten Nadelholz-Dispenser zur Reduktion der Besiedlungsaktivität. Beim Laubnutzholzborkenkäfer konnte mit 93,8 % Besiedlungsreduktion ein bemerkenswerter Schutzeffekt erzielt werden. Vor allem weil dieser eigentlich als Sekundärschädling bekannte Borkenkäfer in den letzten Jahren auch vermehrt als Primärschädling an vitalen Buchen aufgetreten ist [6], erscheint hier weiterer Forschungsbedarf, vor allem auch im Hinblick auf den Waldumbau, erstrebenswert.

Auch beim Schwarzen Nutzholzborkenkäfer sollte, basierend auf den erzielten Ergebnissen, weiter geforscht werden. Zwar ist der Schutzeffekt nicht so stark ausgeprägt wie beim Laubnutzholzborkenkäfer

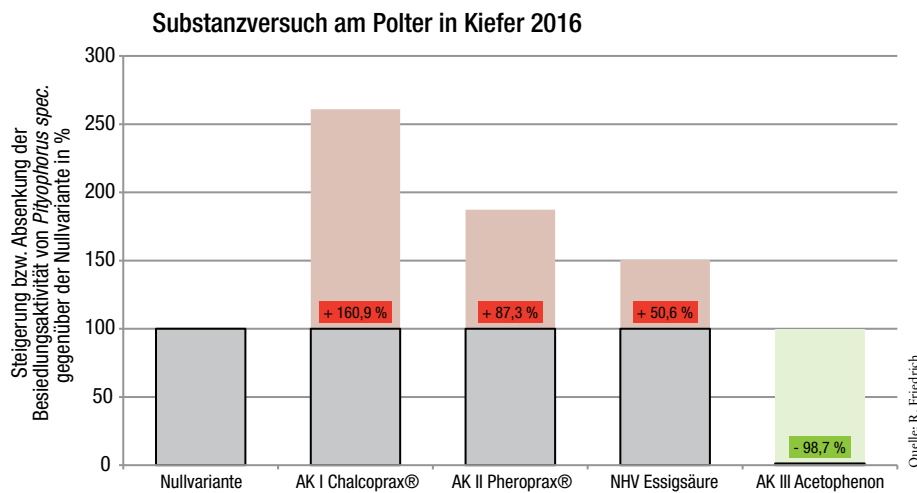


Abb. 6: Ergebnis der Einbohrlocherfassungen von *Pityophthorus spec.* am Kiefernholzpolter; Anzahl insgesamt erfasster Einbohrlöcher N = 3.727

(beste erzielte Reduktion um 64,9 %), aber es handelt sich um einen Schädling, der mit den derzeit am Holz zugelassenen Insektiziden nicht oder nur unzureichend reguliert werden kann [2]. Somit ist der Bedarf nach einer alternativen Schutzmethode vor diesem eingeschleppten Borkenkäfer mit großem Schadpotenzial (frisst an nahezu allen Gehölzarten) aus Sicht der forstlichen Praxis gegeben.

#### Kiefer

In der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) kamen, neben zwei allochthonen Kairomonen aus dem Fichten-Habitat (Pheroprax und Chalcoprax), auch ein allochthones Kairomon aus dem Laubholz-Habitat (Acetophenon) und ein Nicht-Wirtsbaum-Duft (Essigsäure) zum Einsatz (Abb. 6). Während bei der Gattung *Pityophthorus*, einer sehr kleinen und bislang wirtschaftlich eher unbedeutenden Borkenkäfer-Gattung, die allochthonen Kairomone aus dem Fichten-Habitat und der Nicht-Habitats-Duft eher aggregierend wirkten, konnte mit dem allochthonen Kairomon aus dem Laubwald-Habitat im Vergleich zur Nullvariante ein 98,7 %-iger Schutz des gepolterten Kiefernholzes erzeugt werden. Obwohl die Borkenkäfer dieser Gattung praktisch gesehen (noch) bedeutungslos sind, zeigt dieses Ergebnis trotzdem beispielhaft, dass auch mit einem natürlichen Schutzverfahren ein ähnlich guter Schutz erzeugt werden kann wie mit einem Insektizid. Wichtig ist es, die verhaltensrelevanten Substanzen zu finden. Der Forschungsbedarf zur Identifizierung der in der Kommunikation der Borkenkäfer entscheidenden Substanzen

ist, v. a. in den Laubwald-Habitaten, weiterhin sehr groß.

#### Fichte

Neben einem allochthonen Kairomon aus einem Laubwald-Habitat (Acetophenon) und einem Nicht-Wirtsbaum-Duft (Essigsäure) wurden in der Gemeinen Fichte (*Picea abies*) zusätzlich eine Antiaggregationssubstanz (Verbenon) und erstmals auch ein mechanischer Schutz (Insektennetz) erprobt.

Die pheromonale Kommunikation der Borkenkäfer ist komplex und unterscheidet sich von Art zu Art, sodass es unrealistisch erscheint, mit einer Substanz alle an einer Baumart vorkommenden Borkenkäferarten gleichermaßen ablenken zu können. Daraus entstand der Gedanke, durch die Kombination einer Substanz mit einem weiteren Verfahren einen besseren



Abb. 7: Buchdrucker auf Netz am Fichtenholzpolter

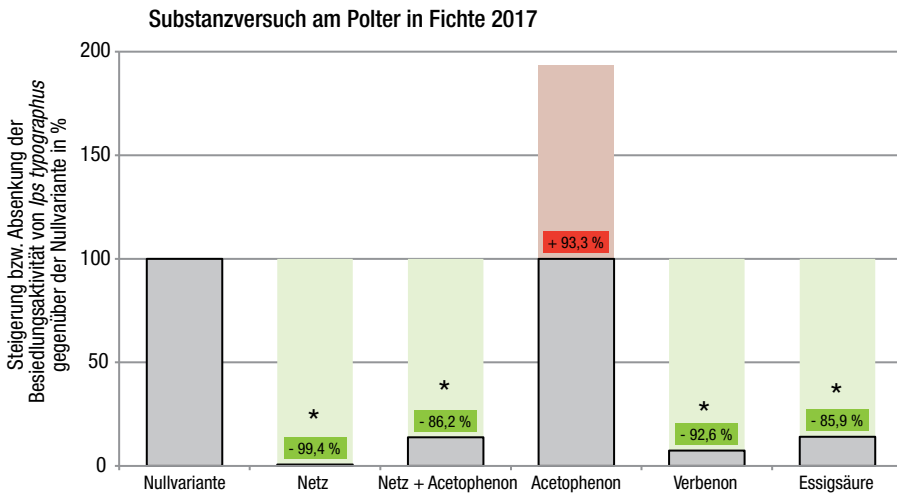
Gesamtschutz erzeugen zu können. In der Fichte sind es v. a. der Buchdrucker und der Kupferstecher, welche das größte Schadpotenzial aller Borkenkäferarten besitzen [7].

Im Fichtenversuch wurde erprobt, ob man die kleineren Kupferstecher durch ein chemisches Schutzverfahren und die Buchdrucker mit einem unbehandelten Netz rein mechanisch von der Besiedlung abhalten kann. Für das verwendete Netz wurde eine Maschenweite gewählt, durch die der Buchdrucker nicht an das Holz gelangen kann (Abb. 7). Um eine ausreichende Durchlüftung des gepolterten Holzes zu gewährleisten, sollte die Maschenweite auch nicht zu eng gewählt werden. Kupferstecher konnten das Netz durchdringen. Die Ergebnisse (Abb. 8) zeigen, dass das Netz für die Buchdrucker eine unüberwindbare Barriere darstellt. Die an den Netzvarianten erfassten Einbohrlöcher sind durch Löcher im Netz (Mäusefraß) zu erklären. Darüberhinaus hat sich gezeigt, dass es nicht genügt, die Polter von oben mit einem mit Gewichten beschwerten Netz abzudecken. Die Polter sollten komplett (auch unterseits) eingeschlagen werden, um ein Einwandern der Käfer über die Streuschicht zu verhindern. Mit komplett eingeschlagenen Poltern ohne Löchern erscheint ein 100 %-iger Schutz vor dem Buchdrucker (wie auch beim Storanet angegeben [8]) möglich. Das zur Vermeidung von Kupferstecher-Befall eingesetzte allochthone Kairomon zeigte sowohl beim Kupferstecher als auch beim Buchdrucker nicht die erhoffte Wirkung. Beim Buchdrucker konnten aber neben dem Netz auch mit der eingesetzten Antiaggregationssubstanz und dem Nicht-Wirtsbaum-Duft bemerkenswerte Besiedlungsreduktionen (85 bis 99 %) erzielt werden.

#### Zusammenfassung

Bei der Wertung und Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse darf nicht unerwähnt bleiben, dass die bisherigen Erkenntnisse auf Versuchspoltern basieren. Eine Erprobung am Großpolter muss noch erfolgen und ist wichtig für eine Praxisüberführung.

Die vorgestellten Wirkprinzipien zur insektizidfreien Steuerung von Borkenkäferpopulationen und -antagonisten eignen sich bei verschiedenen Borkenkäfer- und Wirtsbaumarten bereits in beachtenswertem Maße, um die Besiedlung und die damit einhergehende Reproduktion von Borken-



Quelle: R. Friedrich

Abb. 8: Ergebnis der Einbohrlocherfassungen von *Ips typographus* am Fichtenholzpolter; Anzahl insgesamt erfasster Einbohrlöcher N = 520

\* – Besiedlungsminderung ist signifikant gegenüber der Nullvariante

käfern und die Entwertung von walddlagerndem Holz zu vermeiden. In den besten Fällen konnten mit allochthonen Kairomonen und Antiaggregationssubstanzen auch über Zeiträume von mehreren Wochen bereits über 90 % Besiedlungsvermeidung gegenüber unbehandelten Varianten erzielt werden. Bei den Nicht-Wirtsbaum-Düften waren es bestenfalls 85 %. Die Wirkungsgrade der aktuell zugelassenen Insektizide (z. B. Fastac Forst) werden von den Herstellern mit 97 bis 98 % angegeben [8]. Diese Schutzwirkungen können jedoch im Freiland meist nur über kürzere Zeiträume (anfänglicher Knock-down-Effekt) von ein paar Wochen aufrecht erhalten werden [3]. Durch die neuen Dispenser basierten Verfahren entsteht die Möglichkeit, durch Nachfüllen oder Austausch der Dispenser, mehr Zeit zur Aufarbeitung von Schadholz oder zum Abverkauf von Rohholz zu gewinnen. Hervorzuheben ist der weitere Forschungsbedarf nach relevanten Substanzen, v. a. bei den Hauptschadorganismen.

Weil einige allochthone Kairomone neben den außerhalb des Brutsystems agierenden Gegenspielern auch jene anlocken, die in verschiedenster Art auch im bereits angelegten Brutsystem noch regulierend wirken können (kleine, sich im Brutsystem bewegende Räuber, Larven von Räufern und Parasitoiden), eignen sie sich auch, um die von besiedeltem Holz ausgehende Quellwirkung zu reduzieren. Ein weiterer, aus den Projektergebnissen abgeleiteter Ansatz wäre der Einsatz eines Netzes um beispielsweise zu verhindern, dass aus einem im Wald lagernden Polter

massenhaft Schadinsekten (beispielsweise Buchdrucker) ausfliegen.

#### Bereits vorbeugend anwendbar

Die angewendeten Verfahren konnten teilweise bereits sehr hohe Wirkungsgrade erreichen, die nicht wesentlich unter denen der zugelassenen Insektizide liegen. Somit stellen sie für bestimmte Borkenkäferarten eine geeignete Alternativen zum Insektizideinsatz dar. Die im Projekt erprobten Verfahren können bereits vorbeugend angewendet werden. Somit ist eine bessere Schutzmöglichkeit gegeben, als sie die zugelassenen Insektizide bieten, welche erst „bei festgestellter Gefährdung“ (d. h. befallenem Holz) angewendet werden dürfen [5], und die bereits eingebohrten Käfer nicht mehr erreichen. Zudem haben die Verfahren den Vorteil, dass es nicht zum Abtöten nützlicher Borkenkäfer-Antagonisten kommt.

Die verwendeten Verfahren unterliegen derzeit keinen Zulassungsbeschränkungen (Schutzgebiete). Die Verwendung von Dispensern (einfach anzubringen, auszutauschen und nachzufüllen) ermöglicht eine unkomplizierte Handhabung (auch in schwierigem Gelände) und hinterlässt nach Entfernung der Dispenser keine Rückstände im Ökosystem. Daraus resultiert eine flexible Anwendbarkeit der Verfahren für die forstliche Praxis.

Durch die Möglichkeit die Antagonisten in einem gewissen Gebiet zu „lenken“ (z. B. weg von einem begifteten Polter), ergeben sich auch neue Ansätze zum Nützlingsschutz. Ein „Verhungern“ von

Antagonisten durch vorgetäuschte, aber nicht wirklich vorhandene Beute ist nicht zu befürchten, da sich die Antagonisten erfahrungsgemäß nach einer gewissen Zeit ohne tatsächlichen Erfolg weiterbewegen.

#### Weiterer Forschungsbedarf

Obwohl es bereits vielversprechende Ansätze und Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt bioProtect gibt, besteht weiterer Forschungsbedarf. Die bisher erzielten Ergebnisse wurden an Versuchspoltern im kleinen Maßstab erzielt. Der Übertrag in die praxisrelevanten Dimensionen stellt den nächsten Schritt dar.

Mit dem Einbohren von Borkenkäfern in das Holz entstehen die natürlichen Pheromone und es kann zu Überlagerungseffekten kommen, die die Wirkung der allochthonen Kairomone aufheben. Umso wichtiger ist ein langanhaltender, konstanter und hoher Wirkungsgrad vor der Besiedlung am Großpolter, den es noch zu erproben gilt. Weitere Substanzen müssen identifiziert und im Feldversuch erprobt werden. Wiederholungsversuche sind notwendig, um Ergebnisse abzusichern. Mit Applikations- und Konzentrationsversuchen sollte versucht werden, die Wirkungsgrade zu optimieren.

Ziel ist es, den Waldschutzpraktikern umweltverträgliche, praxisreife Verfahren und Handlungsempfehlungen als Alternativen zum konventionellen Insektizideinsatz bereitstellen zu können.

#### Literaturhinweise:

- [1] OTTO, L.-F.; MATSCHULLA, F. (2018): Waldschutzsituation 2017/18 in Sachsen. AFZ-DerWald H. 7: 30–33.
- [2] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit – BVL (Hrsg.) (2018): Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 2018, Teil 4 Forst.
- [3] KOLEVA, P.; KOLEV, N.; WEGENSTEINER, R. (2013): Untersuchungen zur Wirkung von Karate Forst flüssig gegen den Buchdrucker *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae). Forstschutz Aktuell Nr. 57/58: 9–12.
- [4] MÜLLER, M. (2004): Steuerung von Borkenkäferprädatoren durch art- und habitattreue Kairomone. Mitt. der Biol. Bundesanstalt 396: 237/238.
- [5] BAKKE, A. (1981): Inhibition of the response in *Ips typographus* to the aggregation pheromone; field evaluation of verbenone and ipsenol. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 92: 172–177.
- [6] PARINI, C.; PETERCORD, R. (2006): Der Laubholzbockkäfer *Trypodendron domesticum* L. als Schädling der Rotbuche. Mitt. aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06: 63–78.
- [7] Übersicht Waldschutz 2017/2018 (2018): AFZ-DerWald H. 7: 10–33.
- [8] BASF (Hrsg.): Innovativer Forstschutz braucht die richtigen Werkzeuge. Broschüre.



Robert Friedrich, robert.friedrich@ogf.de, und Marco Schneider sind wissenschaftliche Mitarbeiter bei der Ostdeutschen Gesellschaft für Forstplanung mbH (OGF). Dr. Michael Wehnert-Kohlenbrenner ist Niederlassungsleiter der OGF Sachsen.