

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Beim Institut für Wirtschaftsforschung und politische Beratung

Waldpolitischer Bericht

APD/FPR/03/2018

Waldschutz in Deutschland – Erfahrungen bei der Bekämpfung bzw. Eindämmung von Ursachen am Beispiel *Ips typographus L. (Buchdrucker)*

Lutz-Florian Otto
Staatsbetrieb Sachsenforst

Kiew, August 2018

Über das Projekt "Deutsch-Ukrainischer Agrarpolitischer Dialog" (APD)

Das Projekt Deutsch-Ukrainischer Agrarpolitischer Dialog (APD) wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) seit 2006 zunächst bis 2018 gefördert und in dessen Auftrag über den Mandatar GFA Consulting Group GmbH sowie eine Arbeitsgemeinschaft bestehend aus der IAK AGRAR CONSULTING GmbH (IAK), dem Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO) und der AFC Consultants International GmbH durchgeführt. Projektträger ist das Institut für Wirtschaftsforschung und Politikberatung in Kiew. Der APD kooperiert mit der BVVG Bodenverwertungs- und -verwaltungs GmbH bei der Umsetzung wichtiger Komponenten zur Entwicklung einer effektiven und transparenten Bodenverwaltung in der Ukraine. Benefiziar ist das Ministerium für Agrarpolitik und Ernährung der Ukraine.

In Übereinstimmung mit marktwirtschaftlichen und ordnungspolitischen Grundsätzen und unter Berücksichtigung der sich aus dem EU-Ukraine-Assoziierungsabkommen ergebenden Entwicklungspotentiale soll das Projekt die Ukraine bei der Entwicklung einer nachhaltigen Landwirtschaft, einer effektiven Verarbeitungsindustrie und bei der Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit unterstützen. Dazu sollen vor allem deutsche, hier u.a. ostdeutsche, aber auch internationale, insbesondere EU-Erfahrungen bei der Gestaltung agrarpolitischer Rahmenbedingungen sowie bei der Organisation von entsprechenden Institutionen bereitgestellt werden.



www.apd-ukraine.de

Autor:

Lutz-Florian Otto

Disclaimer

Dieser Beitrag wird unter der Verantwortung des Deutsch-Ukrainischen Agrarpolitischen Dialogs (APD) veröffentlicht. Jegliche Meinungen und Ergebnisse, Schlussfolgerungen, Vorschläge und Empfehlungen beziehen sich auf die Autoren und müssen nicht den Ansichten des APD entsprechen.

Inhaltsverzeichnis

1	DIE WALDSCHUTZSITUATION IN DEUTSCHLAND (BSP. SACHSEN).....	5
2	RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN ZUR BEKÄMPFUNG BZW. EINDÄMMUNG VON BIOTISCH BEDINGTEN WALDSCHÄDEN	7
3	RINDENBRÜTENDE BORKENKÄFER	8
	3.1 Forstliche Bedeutung, Biologie und Lebensweise	8
	3.2 Möglichkeiten der Überwachung und Prognose	11
4	DAS KONZEPT DER INTEGRIERTEN BORKENKÄFERBEKÄMPFUNG.....	12
	4.1 Allgemeine Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes im Forst.....	12
	4.2 Umsetzung und Anwendungserfahrungen in Sachsen	14
5	BORKENKÄFER IN SCHUTZGEBIETEN	21
	5.1 Allgemeine Prinzipien	21
	5.2 Umsetzung und Erfahrungen im Nationalpark „Sächsische Schweiz“	21
6	ZUSAMMENFASSUNG	23

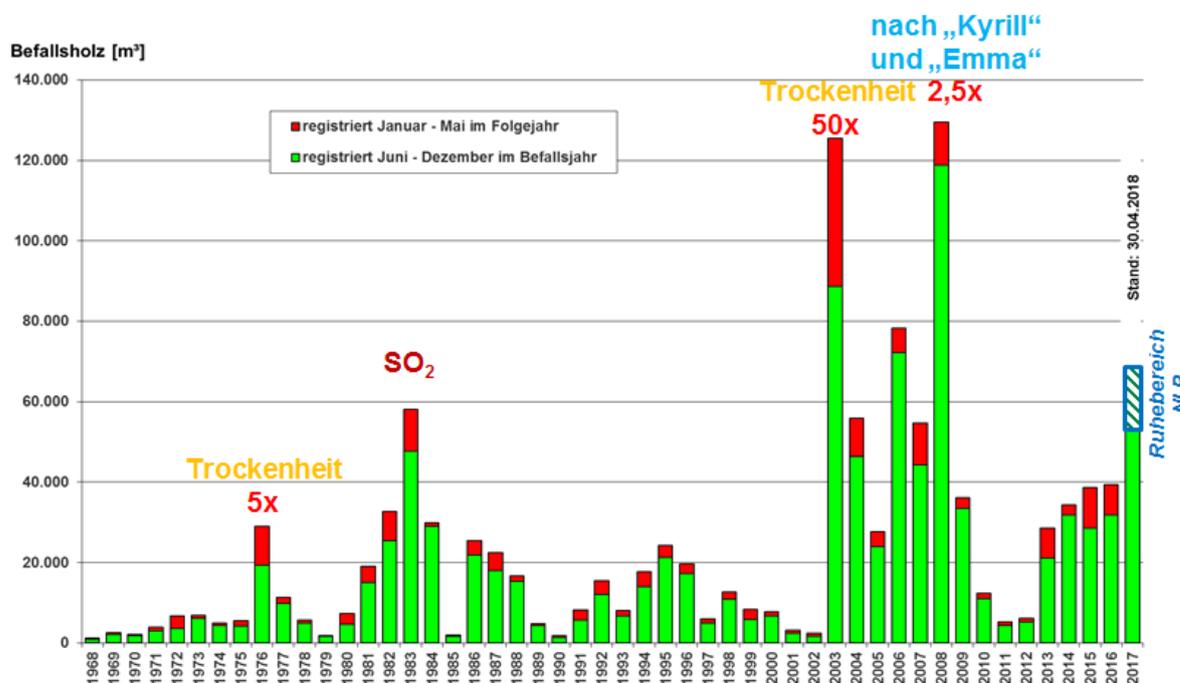
Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Durch Buchdrucker, zum Teil in Kombination mit Kupferstecher, befallene Holzmenge von 1968 – 2017 (einschließlich nicht bewirtschafteter Ruhebereich im NLP „Sächsische Schweiz“)	5
Abb. 2: „Buchdruckerregionen“ (abgeleitet aus den Waldbauregionen und der neuen Klimagliederung) als Basis für eine Regionalisierung der für die Messstationen berechneten PHENIPS Daten sowie den Standorten des fallenbasierten Borkenkäfermonitorings	16
Abb. 3: Online verfügbare Ergebnisse des Modells PHENIPS, basierend auf den Mess- und Prognosedaten der agrarmeteorologischen Stationen des DWD sowie der Daten der Waldklimastationen des SBS (Bsp. Waldklimastation Sachsendgrund per 15.06.2018)	17
Abb. 4: Darstellung des mittels PHENIPS berechneten(DWD Station Aue) und in den Buchdruckerregionen regionalisierten Entwicklungsstandes des Buchdruckersper 15.06.2018 (http://iff-server2.boku.ac.at/BKR_Sachsen/)	18
Abb. 5: Darstellung der bestandesweisen Prädispositionsabschätzung mittels PAS am Beispiel des Tharandter Waldes	19
Abb. 6: Start des UAV zur Erfassung des Ausgangszustandes vor Befallsinduzierung im Revier Waldmühle am 9. Mai 2017	20
Abb. 7: Intensität und Verteilung des Buchdruckerbefalls im NLP „Sächsische Schweiz“ 2017	22
Abb. 8: Buchdruckerbefall im NLP Sächsische Schweiz 1996 -2017 im unbewirtschafteten Ruhebereich und im Pflegebereich mit integriertem Bekämpfungskonzept	23

1 Die Waldschutzsituation in Deutschland (Bsp. Sachsen)

Von den biotischen Schadfaktoren ist in Deutschland der Buchdrucker (*Ips typographus* L.) vermutlich die Art mit dem höchsten Schadpotenzial. Der Befall dieser rindenbrütenden Borkenkäferart konzentriert sich auf die in Sachsen dominierende Baumart Fichte. Dabei werden vorrangig ältere bzw. Fichtenbestände mit einem BDH > 20 cm befallen, deren Anteil in den letzten Jahren zunimmt. Durch sein sehr hohes Vermehrungspotenzial (bis zu 3 Generationen im Jahr zzgl. Geschwisterbruten), dessen Ausschöpfung im Wesentlichen durch den Witterungsverlauf im Frühjahr bis zum Spätsommer bestimmt wird, reagiert seine Populationsdynamik sehr direkt auf günstige Rahmenbedingungen. Neben den entwicklungsfördernden hohen Temperaturen und Niederschlagsdefiziten, die das Abwehrvermögen der Fichten reduzieren, ist das Angebot geeigneter Bruthabitate in Form von Wurf- und Bruchholz eine weitere schadverstärkende Komponente. Damit wird die Waldschutzsituation in fichtendominierten Wäldern durch die Populationsdynamik des Buchdruckers und z.T. in Kombination mit dem Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) bestimmt. Mit zunehmender Populationsdichte steigt gleichzeitig seine Erfolgsquote, nicht nur geschwächte sondern auch gesunde Fichten zu besiedeln. Seit 2013 ist ein stetiger Anstieg der registrierten Stehendbefallsmenge in Sachsen zu verzeichnen. In Abb. 1 ist dieser Trend in Form der jeweils für das „Käferjahr“ (Juni bis Mai des Folgejahres) erfassten Stehendbefallsmenge dargestellt. Die Abbildung zeigt diesen Wert für die vergangenen 50 Jahre bezogen auf das Territorium des heutigen Freistaates Sachsen für Wälder aller Eigentumsarten.

Abb. 1: Durch Buchdrucker, zum Teil in Kombination mit Kupferstecher, befallene Holzmenge von 1968 – 2017 (einschließlich nicht bewirtschafteter Ruhebereich im Nationalpark (NLP) „Sächsische Schweiz“)



Quelle: SBS Sachsenforst

Einige markante Maxima in dieser Darstellung können relativ eindeutig auf bestimmte vorausgehende äußere Faktoren zurückgeführt werden, die einen Populationsanstieg des Buchdruckers, häufig in Kombination mit dem Kupferstecher, begünstigt haben. Dazu gehören Jahre mit überdurchschnittlich warmen und trockenen Phasen, wie 1976, 2003, 2006 und 2008. Diese Witterungsbedingungen schwächen einerseits das Abwehrvermögen der Fichten und beschleunigen gleichzeitig die Geschwindigkeit der Käferentwicklung. So erhöhte sich 1976 der Befall durch den trockenen Sommer um etwa das 5-fache im Vergleich zum Vorjahr 1975. Ab 2003, dem Jahr mit dem „Jahrhundertsummer“ hinsichtlich Wärmeangebot und Trockenheit, zeichnet sich ein insgesamt erhöhtes Schadniveau an. Obwohl auch bei diesem Vergleich die Unterschiede in den mittleren Baumdimensionen und den Flächenvorräten berücksichtigt werden muss, deuten sich auch hier das insgesamt gestiegene Schadniveau und damit auch die Zunahme der Populationsdichten des Schaderregers an.

Auch ein überdurchschnittliches Brutraumangebot nach einem abiotischen Schadereignis wie z.B. Sturm oder Schnee führt meist zu einem Populationsanstieg und damit häufig zu einer Zunahme des Stehendbefalls in der Folgezeit. Das Jahr 2008, in dem der seit 1968 höchste Stehendbefall auftrat, zeigte dies, befördert durch einen Mai mit extremer Trockenheit mit teilweiser Dürre, sehr eindrucksvoll. Die aktuelle Situation resultiert aus einem Trend der ca. 2013 begann. Zu Beginn dieser Periode waren die Ausgangsdichten der Käferpopulationen sehr gering. Die feuchtkühle Frühjahrswitterung 2013 und eine situationsangepasste Aufbereitung des regional verstärkt angefallenen Wurf- und Bruchholzes aus dem Winter, bedingten zunächst einen sehr verhaltenen Start des Buchdruckers. Ab Mitte Juli, auf einigen Standorten bereits im Juni, kam es zu einer deutlichen Trendumkehr. Die warme Sommerwitterung im Juli und August 2013 forcierte die Käferentwicklung wesentlich. In dieser nicht nur warmen sondern auch relativ trockenen Witterungsphase war außerdem die Befallsprädisposition der Fichtenbestände deutlich erhöht. Die bis zum Jahresende registrierte Stehendbefallsmenge entsprach mit 21.000 m³ dem Vierfachen des vergleichbaren Vorjahreswertes. In Bezug zum Zeitraum 2003-2009, mit dem bisher höchsten Befallsholzaufkommen der vergangenen 50 Jahre, waren diese Mengen unkritisch. Ein für die Entwicklung der Käfer wechselhafter Witterungsverlauf in der Befallssaison 2014, das eingeschränkte Angebot an geeigneten Bruthabitaten sowie intensive Kontrollen und rechtzeitige Befallssanierung verlangsamten den Befallsanstieg in diesem Jahr. Auflaufend bis zum Jahresende 2014 fiel ca. 31 Tsd. m³ Befallsholz an. 2015 setzte der Schwärmflug spät und auf niedrigem Niveau ein. Ab Juni nahmen die Schwärmaktivitäten von Buchdrucker und Kupferstecher mit der Anlage von Geschwisterbruten zunächst lokal in traditionellen Schwerpunktgebieten im NLP und im Vogtland im Vergleich zu 2014 zu. Mit dem Ausflug der neuen Käfergeneration ab Anfang Juli stiegen die Populationsdichten im Laufe der Saison 2015 an nahezu allen Standorten an. Die lang anhaltenden warmen und niederschlagsarmen Witterungsperioden im Juli/ August erhöhten den Trockenstress und damit die Befallsgefährdung der Fichten erheblich. Der Kupferstecher konnte die warm-trockenen Witterungsbedingungen im Sommer 2015 noch in einem deutlich stärkeren Maße als der Buchdrucker für einen Befallsanstieg nutzen. Dieser vollzog sich jedoch hinsichtlich der absoluten Befallsholzmenge auf einem insgesamt geringeren Niveau. Der Schwärmflug im Frühjahr 2016 setzte bedingt durch den kühlen April ein bis zwei Wochen später als im Vorjahr ein. Im Hügelland und in den unteren und mittleren Berglagen begann er dann aber abrupt und auf sehr hohem Niveau. Die sehr hohe Schwärmaktivität setzte sich auch in den nächsten Wochen fort. In Folge dessen wurden im Juni, Juli und August etwa doppelt so hohe Zugänge an Stehendbefall wie in den jeweiligen Vorjahresmonaten festgestellt. Der überdurchschnittlich warme

September führte zu einer Schwärmaktivität, wie sie in dieser Intensität bisher nicht registriert wurde. Die Anlage einer 3. Generation in dieser Zeit kann nicht ausgeschlossen werden. Damit nahm auch in der Saison 2016/17 der Befall weiter zu. 2017 wurden bereits in den letzten März- und ersten Apriltagen erste Schwärmaktivitäten beobachtet. Die kühle Witterung danach stoppte diesen sehr zeitigen Entwicklungsbeginn. Günstige Schwärmbedingungen setzten erst wieder ab der zweiten Maidekade ein. Dabei kam es zu einem zeitlich synchronisierten und sehr intensiven Schwärmflug. Nicht nur eine verstärkte Schwärmaktivität sondern vor allem ein über den Mengen der Vorjahre liegender Zugang von Stehendbefall im Juni 2017 wies auf ein regional stark erhöhtes Gefährdungspotenzial hin. Der bisherige Verlauf des Jahres 2018 enthält Anzeichen dafür, dass die beiden dargestellten Faktoren gleichzeitig wirken könnten. Dies gilt besonders für die Gebiete, in denen sich hohe Käferdichten aus dem Vorjahr in Form eines intensiven Befalls mit einem hohen Wurf- und Bruchholzanfall durch Stürme 2017/2018 (z.B. „Friederike“ Januar 2018) räumlich überlagern.

In den nordsächsischen Kieferngebieten geht vom Blauen Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea* L.) und anderen Borken- und Bockkäfern eine erhöhte Befallsgefährdung aus. Das Vermehrungspotenzial dieser meist wirtsbaumspezifischen **Borken-, Bock- und Prachtkäferarten** ist aber nicht mit dem des Buchdruckers vergleichbar. Viele dieser Arten bilden nur eine, maximal zwei Generationen im Jahr. Der Blaue Kiefernprachtkäfer hat in der Regel sogar eine zweijährige Entwicklungsdauer. Auch die Fähigkeit zur Anlage von Geschwisterbruten ist nicht so ausgeprägt, sowie potenziell von nadelfressenden Insekten wie Nonne (*Lymantria monacha* L.), Kiefern-Spinner (*Dendrolimus pini*) u. a. Gefahren für die Waldbestände.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen zur Bekämpfung bzw. Eindämmung von biotisch bedingten Waldschäden

Zu den Grundpflichten des Waldbesitzers gehört, den Wald pfleglich zu bewirtschaften, ihn gesund zu erhalten und vor Schäden zu bewahren (§ 16 SächsWaldG). Die pflegliche Bewirtschaftung des Waldes beinhaltet unter anderem, der Gefahr durch tierische Forstschädlinge vorzubeugen und diese rechtzeitig und ausreichend zu bekämpfen (§ 18 Abs. 1 Nr. 4 und 5 SächsWaldG).

Das Pflanzenschutzgesetz (PflSchutzG) als ein Bundesgesetz schreibt für die Durchführung des Pflanzenschutzes, zu dem auch der Forstpflanzenschutz gehört, die gute fachliche Praxis vor. Dazu gehört, dass die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes berücksichtigt werden. Unter integriertem Pflanzenschutz versteht man eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird.

Die rechtlichen Bestimmungen für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sind mit dem PflSchutzG bundesweit einheitlich geregelt. Für einige Teilaspekte sind länderspezifische Umsetzungen möglich.

3 Rindenbrütende Borkenkäfer

3.1 Forstliche Bedeutung, Biologie und Lebensweise

Forstliche Bedeutung

Der Buchdrucker ist der wirtschaftlich relevanteste biotische Schadfaktor in den Wäldern Mitteleuropas. Dies resultiert nicht nur aus der großen Verbreitung seiner vorrangigen Wirtsbaumart, der Gemeinen Fichte und damit der Art selbst, sondern vor allem aus dem Umfang der verursachten Schäden. Aufzeichnungen entsprechender Schadereignisse liegen aus den Anfangsjahren der geregelten Forstwirtschaft aus dem 18. Jahrhundert vor. Diese setzen sich über Katastrophen mit Befallsholz mengen von mehreren Millionen m³, wie in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg, über Ereignisse, von der die derzeit agierende Generation von Waldeigentümern und Waldbewirtschaftern mehr oder weniger selbst betroffen war, fort.

Die ökologische Funktion des Buchdruckers, in alten homogenen Fichtenbeständen Absterbe- und in deren Folge natürliche Verjüngungsprozesse in Gang zu setzen, steht insbesondere aufgrund ihrer räumlich und zeitlichen Spontanität innerhalb eines Gebietes häufig im Widerspruch zu den Zielen einer nachhaltigen Bewirtschaftung. Da die Qualität des Holzes durch den Buchdruckerbefall kaum beeinträchtigt wird (schnellere Austrocknung und vereinzelt Bläuebefall) sind die direkten Wertverluste theoretisch gering. In der Praxis erfolgen jedoch meist eine Rückstufung in der Qualitätsbewertung und damit eine Erlösminderung beim Verkauf. Diese Reduktion der Einnahmen wird durch das häufig mit einer Massenvermehrung einhergehende Überangebot von Befallsholz noch verstärkt. Hinzu kommt die Notwendigkeit für den betroffenen Waldbewirtschafter, die befallenen Bäume schnell zu beräumen, um die Gefahr einer weiteren Befallsausweitung zu reduzieren. Da diese Beräumung meist einen höheren Aufwand als planmäßige Ernte- und Durchforstungsmaßnahmen erfordert, resultiert auch hieraus ein wirtschaftlicher Schaden für den Waldeigentümer. Neben dem Aspekt der Hiebsunreife eines Teils der infolge des Buchdruckerbefalls einzuschlagenden Fichten, schränken die befallsbedingten Nutzungsmaßnahmen die Optionen einer weiteren planmäßigen und nachhaltigen Waldbewirtschaftung ein. Das gilt besonders bei einem gezielten Umbau nicht standortsangepasster Fichtenbestockungen in stabilere Mischbestände (z.B. Buchenvoranbau unter dem Schutz eines Fichtenaltholzschirms).

Artbeschreibung

Käfer: mit einer Länge von 4,2 bis 5,5 mm ein relativ großer Borkenkäfer; walzenförmig; Abstürze der Flügeldecken mit je vier Absturzzähnen (namensgebend); gekeulte Fühler; als Jungkäfer hellbraun, später dunkelbraun bis schwarz, Ei, Larve, Puppe: weiß bis weißgelblich („weiße Stadien“); Larven beinlos mit hellbrauner Kopfkapsel.

Fraßbild

Arttypisches, namensgebendes Fraßbild an der Innenseite der Rinde (Bastschicht/Phloem), das zum Teil auch auf dem Holz erkennbar ist. Ausgehend von einem Einbohrloch und der darunter angelegten „Rammelkammer“ gehen ein bis drei ca. 6 bis 15 cm lange Muttergänge in Längsrichtung ab. Zwei Gänge sind immer entgegengesetzt ausgerichtet, drei Gänge bilden den „Stimmgabelgang“. Am Ende des Mutterganges kommt es vereinzelt zu einem ungerichteten

Regenerationsfraß der Weibchen. Die aus den beidseitig des Mutterganges in Nischen abgelegten Eiern schlüpfenden Larven fressen rechtwinklig zum Muttergang ca. 6 cm lange geschlängelte Larvengänge. Diese verbreitern sich entsprechend der Larvalentwicklung und enden in Puppenwiegen. Ein Reifungsfraß der Jungkäfer kann zu einer Ausdehnung des Fraßbildes führen. Larvengänge eines Brutbildes und auch von benachbarten Brutbildern kreuzen sich nie. Regenerations- und Reifungsfraß können das typische Fraßbild überprägen.

Lebensweise

Nach der Überwinterung in der Bodenstreu oder unter der Rinde, ggf. auch nach vollständigem Abschluss der Entwicklung zum adulten Käfer, beginnt im April-Mai der Schwärmflug nach Erreichen einer bestimmten Temperatursumme und dem überschreiten eines Temperaturschwellenwertes von ca. 17°C. Neben dem Zufallsprinzip und einer, durch die erstbesiedelnden Pionierkäfer detektierbaren Einzelbaumprädisposition der Wirtspflanzen spielen artspezifische Pheromone des Käfers bei der erfolgreichen Besiedlung potenzieller Bruthabitate eine entscheidende Rolle. Der wesentliche Abwehrmechanismus der Fichten, das Absondern von Harz, ist trotz seiner erblichen Fixierung für den Einzelbaum nicht zeitlich konstant. Er wird durch die aktuelle Vitalität, insbesondere die Wasserversorgung und die Anzahl der Harzaustrittsstellen bzw. die Anzahl der sich einbohrenden Käfer bestimmt. Eine Schwächung der Bäume durch äußere Faktoren und eine hohe Käferdichte erhöhen die Befallsgefährdung. Durch die körpereigene Produktion und Freisetzung artspezifischer Aggregationspheromone kann der Buchdrucker den Befall auf geeignete Bäume konzentrieren bzw. diesen nach den ersten erfolgreichen Einbohrungen weiter forcieren. Andere Pheromone verhindern später eine Überbesiedlung und damit eine Lebensraumverknappung für die Brut. Das beim Einbohren in die Rinde entstehende braune Bohrmehl ist neben den Einbohrlöchern das wichtigste Befallsmerkmal. Bei windstillem Wetter sammelt es sich auf und hinter Rindenschuppen, besonders an den Wurzelanläufen sowie auf der Bodenvegetation oder Spinnweben. Frischer Befall ist zunächst nur hieran erkennbar. Die Besiedlung beginnt meist im Bereich des Kronenansatzes und dehnt sich nach oben und unten aus. Nach der Kopulation legen die Weibchen ausgehend von der Rammelkammer jeweils einen Muttergang mit einzelnen Belüftungslochern an. Etwa zeitgleich mit dem Abschluss der Larvalentwicklung nach drei Larvenstadien der etwa 20-100 abgelegten Eier können die Weibchen am gleichen oder an anderen Bäumen eine Geschwisterbrut anlegen. Durch den Larvenfraß wird die Rinde gelockert. Nahrungssuchende Spechte lösen zunächst kleine dann größere Rindenstücke ab („Spiegel“). Diese sind das typische Merkmal eines bereits fortgeschrittenen Befalls. Die Kronen der befallenen Fichten sind in dieser Phase meist noch grün. Die Entwicklung einer Käfergeneration dauert in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen mindestens 6 Wochen. In Mitteleuropa sind unter optimalen Bedingungen drei Generationen in einer Vegetationsperiode möglich. In der Regel werden zwei Generationen angelegt, in höheren Lagen nur eine. Die abnehmende Tageslänge verhindert die Anlage sehr später Käferbruten, die über den Winter absterben würden. Unterschiede im Befallsbeginn und vor allem die Anlage von Geschwisterbruten und Folgegenerationen führen im Laufe einer Befallssaison (April/Mai bis August) zum gleichzeitigen Auftreten unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Wesentlich für das enorme Vermehrungspotenzial des Buchdruckers sind seine Fähigkeiten, mehrere Generationen sowie auch noch Geschwisterbruten in einem Jahr hervorzubringen.

Gegenspieler

Natürliche Gegenspieler spielen bei der Regulation der Populationsdichte des Buchdruckers offensichtlich eine noch geringere Rolle, als dies bei den meisten anderen forstlich relevanten Schädlingsarten der Fall ist. Neben der Tatsache, die auch bei anderen Arten gilt, dass die höchste Wirksamkeit erst am Ende einer Massenvermehrung erreicht wird und damit häufig erst nachdem in der Regel der wirtschaftliche Schaden bereits eintrat, kommen beim Buchdrucker wie auch bei anderen Borkenkäferarten noch weitere Aspekte hinzu. Das ist z. B. das sehr hohe Vermehrungspotenzial durch die Anlage von Geschwisterbruten und Folgegenerationen in rascher Abfolge bei optimalen Bedingungen sowie die ausgeprägte räumliche Ausbreitungstendenz. Da bei einer Massenvermehrung und wahrscheinlich auch sonst relativ häufig ein befallener Baum nur für die erstbesiedelnde Generation bzw. Geschwisterbrut als Bruthabitat geeignet ist, müssen die Jungkäfer neue Bäume aufsuchen. Auch die verdeckte Lebensweise der nicht bzw. gering mobilen Entwicklungsstadien unter der Rinde in den Brutsystemen stellen besondere Anforderungen an Gegenspieler. Ungeachtet dessen treten eine Vielzahl von Gegenspielern des Buchdruckers aus verschiedenen Gruppen auf. Von den Krankheitserregern sind vermutlich pilzliche Erreger die Auffälligsten. Bei feuchtwarmen Bedingungen sind in den Brutbildern häufig weiß verpilzte Larven, Puppen aber auch Käfer zu beobachten. In der Vergangenheit fanden umfangreiche Untersuchungen statt, entsprechende Infektionen durch *Beauveria*-Arten künstlich in Populationen einzubringen. Dazu wurden umgebaute Lockstofffallen verwendet, aus denen die gefangenen Käfer nach einer entsprechenden Kontamination mit Pilzsporen wieder entweichen konnten. Auch Bakterien, Einzeller und Fadenwürmer reduzieren die Populationsdichte. Die bekanntesten Gegenspieler sind räuberische Insekten. Neben dem Ameisenbuntkäfer (*Thanasimus formicarius* L.) leben eine Reihe weiterer Käferarten als Larven und adulte Käfer räuberisch von allen Entwicklungsstadien des Buchdruckers. Diese Arten sind meist von den unerwünschten aber nicht vermeidbaren Nebenwirkungen von Insektizidanwendungen gegen den Borkenkäfer betroffen. Durch die kairomonale Wirkung der Handelspräparate von Buchdruckerlockstoffen auf diese Gruppe, werden sie auch in den Fallen arretiert. Spezielle Konstruktionen und insbesondere deren regelmäßige Leerung verbunden mit dem Freilassen der Nützlinge reduziert die Nebenwirkungen dieser insektizidfreien Methode. Es wird untersucht, durch die Nutzung der Lockwirkung artspezifische Borkenkäferpheromone (z.B. von Laubholzborkenkäfern) auf die Generalisten unter den räuberischen Käferarten eine lokale Konzentration der Nützlinge zu initiieren, ohne dabei auch die Schädlingsdichte zu erhöhen (z.B. Nadelholzborkenkäfer). Artenreiche, strukturierte Mischbestände bieten Lebensraum für alle Gilden potenzieller Gegenspieler des Buchdruckers und ermöglichen damit eine bessere natürliche Regulation als gleichaltrige Fichtenreinbestände.

Dispositionsfaktoren

Für eine erfolgreiche Vermehrung des Buchdruckers in einer Wirtspflanze muss eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt sein. Neben einer geeigneten Baumart für diese oligophage Art muss das Bruthabitat, das Phloem in der Rinde, eine ausreichende Dimension aufweisen. Die Gemeine Fichte (*Picea abies* L.) erfüllt diese Voraussetzungen ab einem Alter von ca. 60-80 Jahren. Mit zunehmendem Baumalter und damit der Stammdimension steigt die Eignung als Bruthabitat kontinuierlich an. Um diese Wirtsbäume als Bruthabitat nutzen zu können, ist deren erfolgreiche Besiedelung und damit eine Überwindung ihrer natürlichen Abwehrmechanismen erforderlich. Dies ist einerseits durch eine Schwächung des Wirtes oder eine sehr hohe Popu-

lationsdichte des Buchdruckers möglich. Ideale Bedingungen bestehen, wenn beide Voraussetzungen erfüllt sind. Abiotische Schadfaktoren wie z.B. Sturm und Schnee, die zu Wurf- und Bruchschäden oder auch nur zu Wurzelabrissen führen, erzeugen ideale Bruthabitate für den Buchdrucker. Werden diese nicht rechtzeitig entfernt (aufgearbeitet), ermöglichen sie eine nahezu unbegrenzte Vermehrung aller zum Zeitpunkt des Schadereignisses im Gebiet vorhandenen Buchdrucker. Bereits bei durchschnittlichen Witterungsbedingungen können ausgeprägte Geschwisterbruten und Folgegenerationen angelegt werden. Der dadurch innerhalb eines Jahres erfolgende drastische Anstieg der Populationsdichte ermöglicht in der Folgezeit ein Massenbefall auch vitaler Bäume/Bestände. Trockenheit, speziell in der Vegetationsperiode, führt zu einer temporären Schwächung der Wirtsbäume. Ihre Dauer und Intensität bestimmen die Befalls- und damit Schadausprägung. Wenn die trockenen Witterungsphasen noch mit einem entsprechenden Wärmeangebot kombiniert sind, wie es für trocken heiße Sommern in Mitteleuropa typisch ist, wirkt die daraus resultierende schnellere Käferentwicklung schadverstärkend. Diese Wirkmechanismen, die eine konkrete Befallsdisposition eines Bestandes charakterisieren, werden durch lokale Standort- und Bestandesparameter modifiziert. Die Wasserspeicherkapazität des Bodens und die intraspezifische Konkurrenz aufgrund der gegebenen Bestandesstruktur sind hierfür Beispiele. Die Ableitung der Disposition eines Bestandes auf Basis quantifizierbarer Einflussfaktoren ist Gegenstand aktueller Forschungen auf diesem Gebiet.

3.2 Möglichkeiten der Überwachung und Prognose

Trotz seiner großen forstwirtschaftlichen Bedeutung existieren für den Buchdrucker keine detaillierten Überwachungs- und Prognoseverfahren, wie sie beispielsweise für blatt- und nadel-fressende Insekten im Waldschutz routinemäßig zum Einsatz kommen. Derartige Verfahren ermöglichen auf Grundlage einer Abschätzung der Populationsdichte eine Prognose des zu erwartenden Schadens in einem Bestand bzw. innerhalb eines mehr oder weniger homogenen Befallsgebietes. Das dies für den Buchdrucker bisher nicht möglich ist, hat mehrere Ursachen. Die Fähigkeit dieser Art, in einem Jahr mehrere Generationen hervorzubringen und parallel dazu auch noch Geschwisterbruten anzulegen und damit enorme Unterschiede in der Populationsdichte aufeinander folgender Jahre hervorzubringen, ist eine davon. Mit Modellen wie z.B. PHENIPS, die im Wesentlichen den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklungsgeschwindigkeit abbilden, kann zwar die zeitliche Abfolge dieser Entwicklung innerhalb eines Jahres beschrieben werden, nicht aber die für eine Prognose wichtige Information über die damit einhergehenden Änderungen der Populationsdichte. Aber auch Kenntnis über die Populationsdichte zu einem Zeitpunkt in einem Bestand würde bei dieser Art keine eindeutigen Rückschlüsse auf die zu erwartenden Schäden ermöglichen. Hierzu wären außerdem noch hinsichtlich ihrer Schadwirkung bewertbare Informationen zur jeweils aktuellen Prädisposition der Wirtsbäume bzw. dem Brutraumangebot erforderlich. Die Zusammenführung entsprechender Lösungsansätze ist Gegenstand der Grundlagenforschung. In der Forstpraxis sind Methoden etabliert, welche Erfahrungswissen mit relativ einfach bestimmbar Parametern kombinieren. Eine solche Methode ist der Einsatz pheromonbeköderter Lockstofffallen. In den letzten Jahren wurden in einer Reihe von Bundesländern mehr oder weniger zentral organisierte Monitoring-systeme eingeführt. Diese beinhalten mehrere Standorte in den landestypischen Gefährdungs-gebieten, wobei an jedem Standort mehrere Fallen im Einsatz sind. Die in der Regel wöchentlich registrierten Fangergebnisse sind häufig zeitnah für jeden Interessierten über das Internet abrufbar. Sie erlauben Rückschlüsse auf wesentliche phänologische Ereignisse der Käferent-

wicklung wie z.B. Termine des Schwärmbeginns, des Schwärmmaximums, der Anlage von Geschwisterbruten und von Folgegenerationen. Dafür werden fast ausschließlich lockstoffbekönderten Flugbarrierefallen eingesetzt. Die Fangergebnisse charakterisieren damit nicht eine flächenbezogene Populationsdichte der Art sondern die Aktivitätsdichte der auf das Pheromon reagierenden Populationsanteile am Aufstellungsort zum beobachteten Zeitpunkt. Diese sind hinsichtlich des zu erwartenden Befalls vermutlich relevanter als die absolute Populationsdichte. Bei Fangzahlen von mehr als 5.000 Buchdruckern/Dreifallenstern/Woche besteht nach bisherigen Erfahrungen eine erhöhte Befallsgefährdung. Die Einbindung von Informationen zum Witterungsverlauf, insbesondere dem Niederschlag, Daten zur Befallsholzmenge aus der vorangegangenen Saison und dem Vorhandensein geeigneter Bruthabitate in Form von Wurf- und Bruchholz ermöglichen eine umfassende und laufend aktualisierbare Gefährdungseinschätzung für größere Gebiete aber auch für einzelne Bestände.

4 Das Konzept der integrierten Borkenkäferbekämpfung

4.1 Allgemeine Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes im Forst

Alle "Forstschädlinge" sind Bestandteil des Waldökosystems. Waldbäume dienen ihnen in bestimmten Entwicklungsabschnitten als Nahrung oder Lebensraum. Als Konsumenten und z. T. auch als Destruenten haben sie im Waldökosystem eine wichtige Funktion. Aufgrund ihrer Fähigkeit, unter günstigen Bedingungen eine Vielzahl von Nachkommen hervorzubringen, die entsprechende Ressourcen für ihre Entwicklung benötigen, verursachen sie aus Sicht der Nutzfunktion des Waldes einen Schaden. Neben Witterungsbedingungen können auch bestimmte Waldstrukturen, z. B. künstlich geschaffene gleichaltrige Reinbestände, derartige Entwicklungen auslösen oder begünstigen. Bestandteile eines integrierten Waldschutzes sind deshalb nicht nur Maßnahmen zur Vernichtung von Schädlingen sondern vor allem auch Maßnahmen, die eine massenhafte Entwicklung von Schädlingen und damit das Entstehen wirtschaftlicher Schäden verhindern. Insgesamt umfasst der integrierte Waldschutz folgende Aspekte, die komplex angewendet werden sollten:

- Schaffung naturnaher, stabiler und standortsangepasster Mischwälder
- Förderung der Strukturelemente im Waldökosystem durch Bewirtschaftungs- oder zusätzliche Maßnahmen, die Massenvermehrungen von Schädlingen verhindern, vorbeugen oder dämpfen
- Erforderliche Gegenmaßnahmen nur auf Grundlage fundierter Prognosen und mit solchen Mitteln und Methoden gezielt durchführen, die einen geringen Einfluss auf den Naturhaushalt haben. Chemische Mittel sind demnach meist die letzte Möglichkeit, wenn biologische oder bio-technische Maßnahmen nicht in Frage kommen.

Gegenüber dem Buchdrucker hat sich die konsequente Umsetzung einer integrierten Bekämpfungsstrategie, wie sie im Rahmen der guten fachlichen Praxis im Forstpflanzenschutz gesetzlich gefordert ist, langjährig als erfolgreiches Vorgehen bewährt. Wie bei kaum einer anderen forstlich relevanten Schädlingsart nehmen vorbeugende Maßnahmen einen sehr breiten Raum ein. Beginnend mit dem Waldumbau, der langfristig vor allem die Umwandlung gleichaltriger nicht oder nur bedingt standortsangepasster Reinbestände besonders der Fichte in strukturierte Mischbestände anstrebt und in Anbetracht der zu erwartenden Klimaänderungen immer wichtiger wird, geht es vorrangig um die Umsetzung der sogenannten „sauberen Wirtschaft“.

Diese hat das Ziel, das Angebot geeigneter Bruthabitate permanent aber besonders zu Zeiten verstärkter Schwärmaktivität des Buchdruckers zu minimieren. Nach abiotischen Schadereignissen durch Sturm, Schnee oder Eisanhang mit ihren z.T. katastrophalen, mehr als einen Jahreseinschlag umfassenden Anfall von Wurf- und Bruchholz ist das besonders wichtig. Ein abgestimmtes Management aller betroffenen Waldeigentümer für das seitens der Landesforstbetriebe/-verwaltungen meist vorbereitete Pläne existieren, ermöglicht auch in derartigen Extremsituationen eine weitgehende Umsetzung der „sauberen Wirtschaft“. Durch den Einsatz von Harvestern bei der Aufarbeitung derartiger potenzieller Bruthabitate ist im Vergleich zu einer motormanuellen Aufarbeitung nicht nur eine wesentlich schnellere sondern auch hinsichtlich des angestrebten Waldschutzzieles erheblich wirksamere Aufarbeitung möglich. Diese Technologie führt zu einer mechanischen Beanspruchung der Rinde, so dass die aufbereiteten Sortimente deutlich geringer für einen anschließenden Befall prädisponiert sind. Aspekte der „sauberen Wirtschaft“ sollten bei allen Pflege- und Erntemaßnahmen in mittelalten und alten Fichtenbeständen berücksichtigt werden. Das gilt vor allem für die Planung der zeitlichen Abfolge, der räumlichen Anordnung und der verwendeten Technologie.

Ist ein Befall durch den Buchdrucker erfolgt, besteht das Ziel der integrierten Bekämpfung darin, eine weitere Ausdehnung zu verhindern bzw. zu minimieren. Grundvoraussetzung dafür ist die schnelle Erkennung von frischem Befall anhand der Befallsmerkmale. Das gilt sowohl für den so genannten, leicht erkennbaren „Liegendbefall“ bereits aufgearbeiteter Sortimente als auch für den „Stehendbefall“ in lebenden Fichten. Dieser erfordert nach wie vor einen hohen Kontrollaufwand durch geschultes Personal. Mit Hilfe der dargestellten Überwachungs- und Prognosemethoden ist eine gewisse räumliche und zeitliche Konzentration der Maßnahmen möglich. Es wurde bereits eine Vielzahl von Methoden für eine weniger personalintensive Befallserkennung getestet. Die Palette erstreckt sich vom Einsatz speziell ausgebildeter Spürhunde bis zur Auswertung von Satellitenbildern. Trotz zum Teil vorliegender positiver Erfahrungen etablierte sich bisher keines dieser Verfahren in der Forstpraxis.

Der Entwicklungszustand der Käferbrut in dem erkannten Befallsbaum bestimmt, welche Möglichkeiten zur Sanierung also zur Vernichtung und damit zur Verhinderung einer weiteren Befallsausbreitung bestehen. Je zeitiger der Befall erkannt wird, umso mehr Optionen bestehen. Befindet sich die Masse der Käferbrut noch in den so genannten „weißen Stadien“, d.h. im Ei-, Larven- oder Puppenstadium, kann der Befallsbaum vor Ort durch Entrindung saniert werden. Sind bereits Jungkäfer vorhanden, muss die Rinde eingesammelt und außerhalb des Waldes entsorgt werden. In Extremsituationen ist ggf. auch das Verbrennen als Pflanzenschutzmaßnahme auf Grundlage entsprechender Genehmigungen möglich. So lange die Rinde noch fest am Stamm verbleibt ist auch ein Abtransport des gesamten befallenen Baumes eine sehr wirksame und wirtschaftliche Methode. Ist auch dieser Befallszustand bereits überschritten, kann das Ausfliegen der neuen Käfer nur durch den Einsatz eines dafür zugelassenen Insektizids durch einen sachkundigen Anwender verhindert werden. Dazu gehört auch der Einsatz von Storanet®, eines mit einem Insektizid behandelten Kunststoffnetzes. Dieses kann nach erfolgreichem Einsatz rückstandslos entfernt und ggf. an anderer Stelle oder später erneut verwendet werden.

Eine weitere Komponente der integrierten Buchdruckerbekämpfung an bekannten Befallsstellen besteht in der lokalen Senkung der Käferdichte auf ein Niveau, das die verbleibenden Käfer nicht mehr in der Lage sind, durch ihren gleichzeitigen Anflug und Einbohrversuche erfolgreich Fichten zu besiedeln. In der Vergangenheit wurden hierfür sogenannte „Fangbäume“ genutzt.

Dabei handelt es sich um einzelne oder besser in kleinen Gruppen (maximal 3-5) im Winterhalbjahr gefällter, entasteter und mit den Ästen abgedeckter Bäume. Diese stellen für die im Frühjahr schwärmenden Käfer aus den Überwinterungshabitaten besonders attraktive und leicht zu besiedelnde, jedoch auch mengenmäßig begrenzte Bruthabitate dar. Damit erfolgt eine Abschöpfung des Vermehrungspotenzials. Bei einer rechtzeitigen Abfuhr bzw. Behandlung mit einem Insektizid werden auch die erstbesiedelnden Käfer vernichtet. Anderenfalls können diese noch eine Geschwisterbrut außerhalb der Fangbäume anlegen. Werden Fangbäume nicht rechtzeitig saniert, bewirken sie den gegenteiligen Effekt, sie forcieren den Populationsanstieg. Durch den kurzzeitigen Einsatz von Pheromondispensern zur Initiierung der Erstbesiedelung und die Verwendung ggf. angefallener Einzelbrüche und –würfe aus dem Winterhalbjahr, kann die Wirksamkeit gesteigert und der Aufwand reduziert werden. Dieses Verfahren eignet sich für kleine bis mittlere Betriebe mit einem sehr fachkundigen und ständig präsenten Personal. Der Einsatz lockstoffbeköderter Fallen, wie sie auch zum Monitoring verwendet werden, stellt die technische Weiterentwicklung des Fangbaumes dar. Ihre Fangkapazität ist im Vergleich zu den Fangbäumen unbegrenzt und vernichtet die Käfer bereits vor der Eiablage. Keines der derzeit dafür verwendbaren und im Handel verfügbaren Lockstoffpräparate ist jedoch für diese insektizidfreie Pflanzenschutzmaßnahme zugelassen. Ebenfalls auf dem „attract and kill“ Prinzip basieren die „Fangholzhaufen“. Hierzu werden ca. 2 m lange Fichtenabschnitte mit mindestens 10 cm Durchmesser zeltartig aufgestellt, dazwischen wird ein Lockstoffdispenser exponiert. Die Abschnitte müssen mit einem für diese spezielle Anwendung genehmigten Insektizid behandelt werden, um das Wirkprinzip zu gewährleisten. In 2014 wurde mit Trinet P® ein Verfahren pflanzenschutzrechtlich zugelassen, bei dem die Fichtenabschnitte durch ein Netz aus Polyesterfasern, das mit einem insektiziden Wirkstoff beschichtet ist, ersetzt wurden. Es handelt sich um das gleiche Material wie im Storanet®. Die vom Pheromondispenser angelockten Buchdrucker landen kurzzeitig auf dem Netz und werden dabei mit einer letalen Dosis des Insektizids kontaminiert. Im Gegensatz zum Fangbaum und zur Falle, die ohne ein Insektizid genutzt werden können, basieren die beiden letztgenannten Methoden auf einer punktuellen Insektizidanwendung. All diese Verfahren, die das Ziel haben, einen Befall an erwarteten Schwerpunkten vor dessen Auftreten zu vermeiden bzw. diesen in seiner Intensität deutlich zu reduzieren, sind an sehr spezifische Anwendungshinweise gebunden. Bisher liegen relativ wenige Publikationen zur Wirksamkeit dieser Verfahren vor.

4.2 Umsetzung und Anwendungserfahrungen in Sachsen

Eine wesentliche Komponente für die erfolgreiche Umsetzung einer integrierten Borkenkäferbekämpfung ist die rechtzeitige Erkennung von Befallsschwerpunkten. In Sachsen erfolgt das durch ein mehrstufiges System von Maßnahmen/Verfahren. Dazu gehören im Einzelnen:

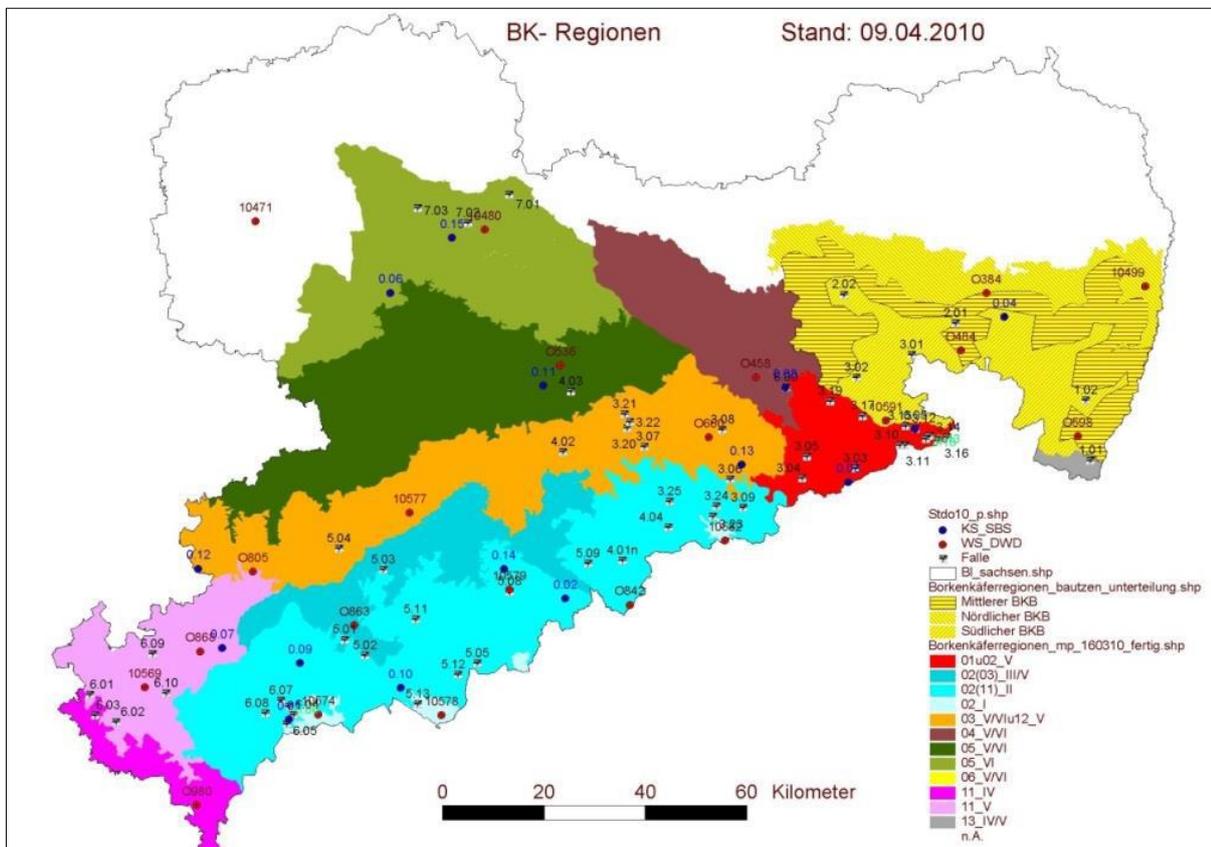
- Die regelmäßige (April bis September monatlich, Oktober bis März quartalsweise) Erfassung und Meldung von neu erkanntem Borkenkäferbefall hinsichtlich Menge in [m³] und Anzahl der Befallsorte sowie der im Meldezeitraum davon sanierten Menge in den jeweils untersten Struktureinheiten des Staatsbetriebes Sachsenforst bzw. einer unteren Forstbehörde, die mit einem entsprechend qualifizierten Forstingenieur besetzt ist. Dies erfolgt im Rahmen des pflanzenschutzrechtlich geforderten Berichtswesens durch das sogenannte web-basierte Forstschutzkontrollbuch (<https://www.forsten.sachsen.de/fsmw/fskb/login.html>).

- Das Borkenkäfermonitoring auf Basis eines landesweiten Netzes von pheromonbeköderten Fallensystemen (<https://www.forsten.sachsen.de/wald/191.htm>)
- Das onlineverfügbare Modell PHENIPS zur Darstellung der Buchdruckerentwicklung auf Basis der täglichen Witterungs- und Prognosedaten von ausgewählten Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Sachsen und anderen Bundesländern (http://iff-server.boku.ac.at/wordpress/index.php/language/de/phenips-online-monitoring/phenips-online-deutschland/phenips-sachsen/agrarmeteorologische-stationen-dwd_rlp/generationsentwicklung-2/)
- Die Bereitstellung von Informationen zur Abschätzung der standörtlichen und der bestandesbezogenen Anfälligkeit für Buchdruckerbefall auf Grundlage eines PAS (<http://iff-server2.boku.ac.at/Services/IT-Sachsen/>)
- Die kontinuierliche Überwachung der gefährdeten Bestände hinsichtlich des Auftretens von frischem Befall durch Borkenkäfer durch terrestrische Kontrollen durch Fachpersonal

Die regelmäßigen Meldungen von neu erkanntem Borkenkäferbefall hinsichtlich Menge in [m³] und Anzahl der Befallsorte sowie der im Meldezeitraum davon sanierten Menge sind wesentliche Informationen sowohl für die betriebliche Steuerung zur Durchführung des integrierten Bekämpfungskonzeptes im Landeswald als auch für die hoheitliche Kontrolle der Umsetzung dieses Konzeptes im Privatwald. Alle in diesem Bericht enthaltenen Befallsangaben wurden aus diesen Meldedaten zusammengestellt.

Das Borkenkäfermonitoring, basierend auf pheromonbeköderten Fallen, liefert räumlich und zeitlich aufgelöste Informationen zur Buchdruckeraktivität. Bei der Interpretation der Fangergebnisse sind die Rahmenbedingungen zu beachten. Dazu gehört beispielsweise ein zu Beginn der Schwärmzeit bzw. auch danach noch vorhandenes, überdurchschnittliches Brutraumangebot in Form von Wurf- und Bruchholz. Da unter diesen Umständen von einer stärkeren Lockwirkung der natürlichen Bruthabitate im Vergleich zu dem künstlichen System Lockstoff + Falle ausgegangen werden muss, ist tendenziell von einer Unterschätzung der tatsächlichen Schwärmaktivität durch die Fallenfangergebnisse auszugehen. Der Vergleich mit den Vorjahresdaten, z. T. die Höhe der ermittelten absoluten Fangzahlen (Käferanflüge an DFS pro Woche) sowie die relativen Aktivitätsmaxima ermöglichen Schlussfolgerungen zur regionalen Lageeinschätzung und damit z. T. auch zur Planung von Maßnahmen. Da die Ergebnisse erst mehrere Tage nach dem Ereignis (z.B. Schwärmmaxima) vorliegen, ist eine Abschätzung nicht aller für Maßnahmen relevanter Parameter möglich. Insbesondere ist eine Vorhersage bestimmter Termine wie z. B. der Befallsbeginn (Start der Bohrmehlsuchen) oder Ausflug der 1. Generation (Endtermin für die Abfuhr von Befallsholz und Vorausflugbehandlungen) zur Planung betrieblicher Abläufe nicht möglich.

Abb. 2: „Buchdruckerregionen“ (abgeleitet aus den Waldbauregionen und der neuen Klimagliederung) als Basis für eine Regionalisierung der für die Messstationen berechneten PHENIPS Daten sowie den Standorten des fallenbasierten Borkenkäfermonitorings

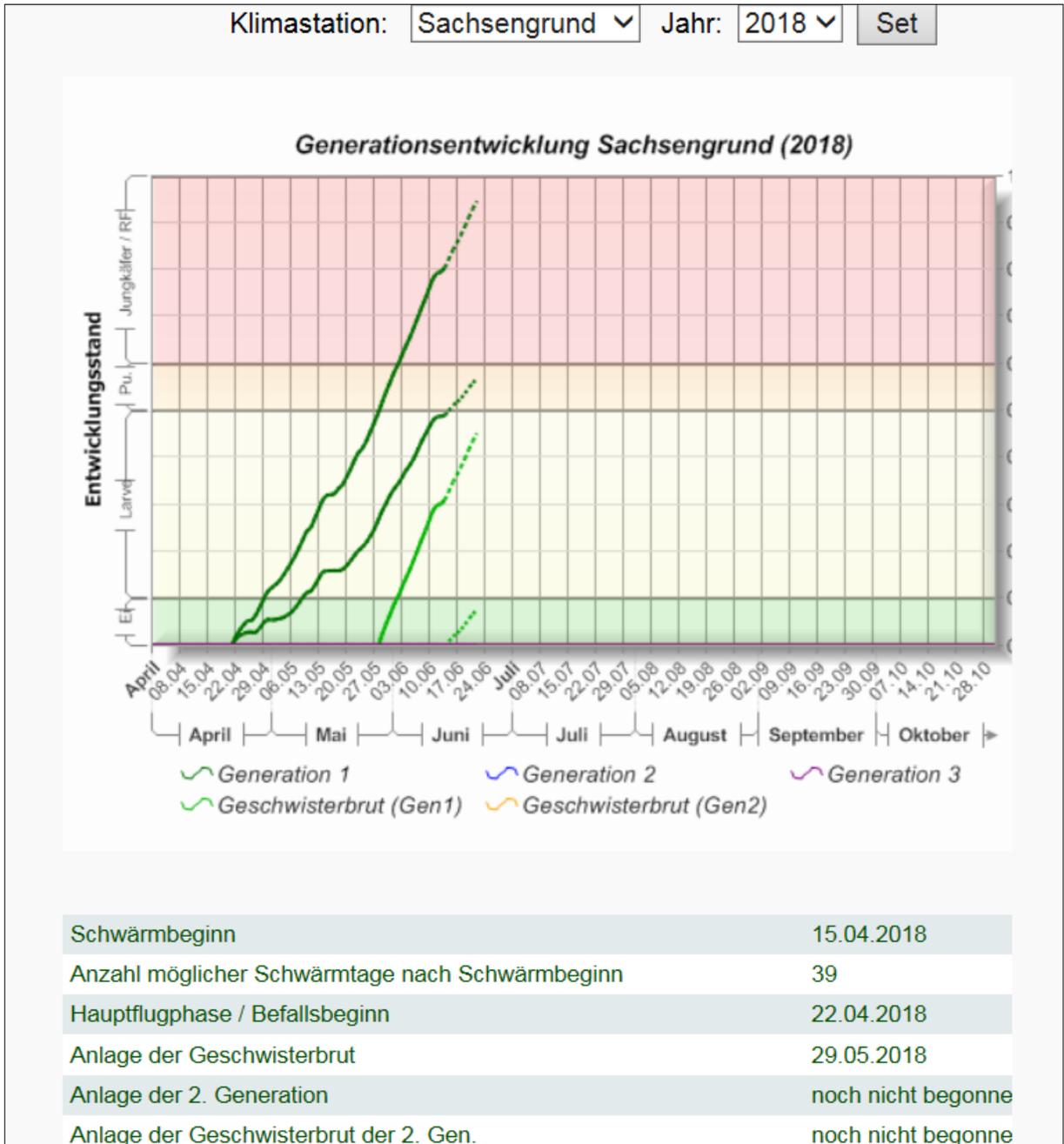


Quelle: SBS Sachsenforst

Das vom Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz der Universität für Bodenkultur Wien entwickelte Modell PHENIPS ermöglicht es, anhand entsprechender Klimadaten (Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung) den Schwärm- und Befallsbeginn im Frühjahr, die Anzahl der möglichen (potentiellen) Generationen sowie das Diapause- und Überwinterungsverhalten also die phänologische Entwicklung des Buchdruckers zu simulieren. Unter Verwendung der Daten sächsischer Waldklimastationen wurde eine Anwendung zur täglichen Berechnung und Darstellung der Entwicklung des Buchdruckers in Form laufend aktualisierter Diagramme im Internet etabliert. Seit April 2010 ergänzt dieses Online-Modell eine Anwendung zur Darstellung der Buchdruckerentwicklung auf Basis der täglichen Witterungs- und Prognosedaten von ausgewählten Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Sachsen und anderen Bundesländern. Die integrierte 7-Tagesprognose des DWD ermöglicht eine prognostische Abschätzung bestimmter Entwicklungsabschnitte wie z. B. den Schwärmbeginn im Frühjahr. Mit diesen Daten können für verschiedene Nutzergruppen (private und staatliche Waldbesitzer bzw. Waldbewirtschafter sowie Forstbehörden) wichtige Informationen für die örtliche Schwerpunktsetzung und terminliche Planung adäquater Forstschutzmaßnahmen bereitgestellt und somit zu deren rationellen Durchführung beigetragen werden. Die Basis dafür sind territorial abgegrenzte „Borkenkäferregionen“, die eine regionalisierte Darstellung der Ergebnisse mit einer Verknüpfung zu Handlungsempfehlungen ermöglichen. Damit wird das bestehende

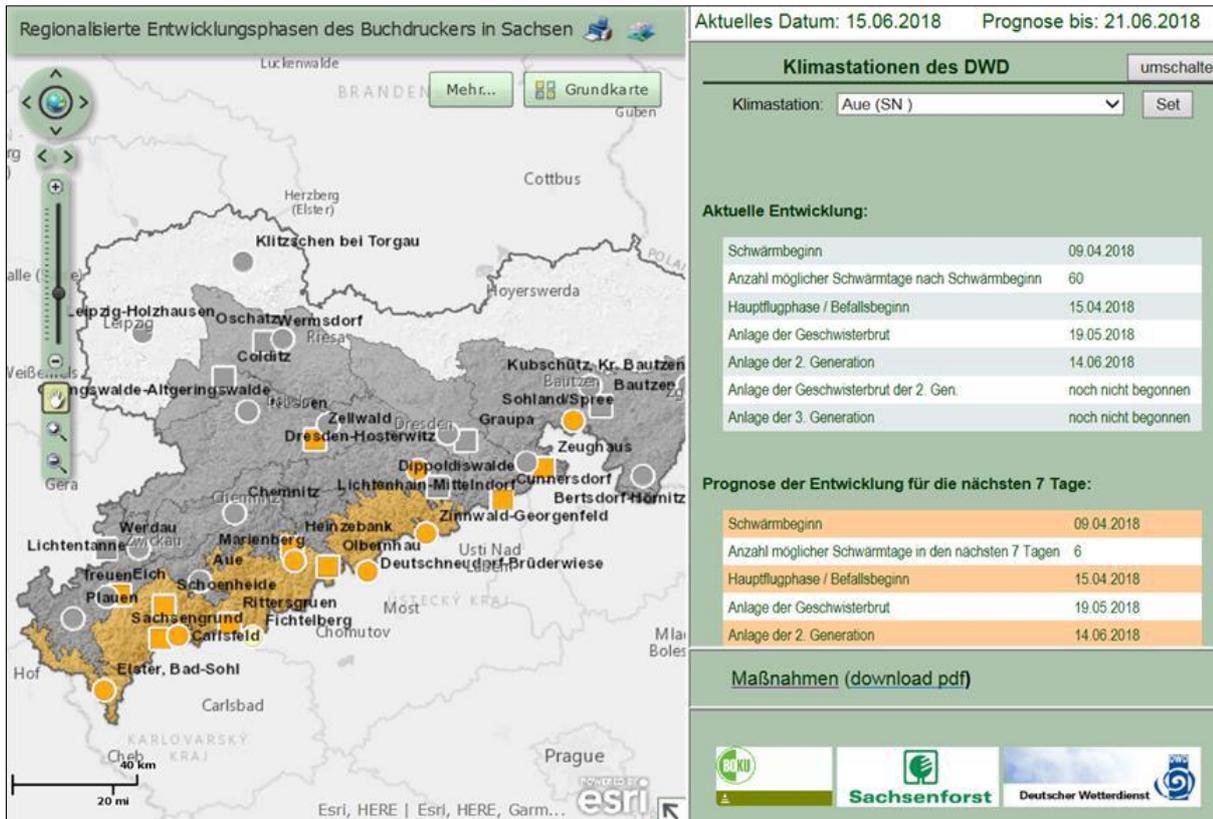
Borkenkäfermonitoring inhaltlich ergänzt. Das Modell ermöglicht durch Nutzung der für Sachsen vorliegenden Klimaprojektionen natürlich auch fachlich fundierte Abschätzungen der zukünftigen Entwicklungsbedingungen für den Buchdrucker.

Abb. 3: Online verfügbare Ergebnisse des Modells PHENIPS, basierend auf den Mess- und Prognosedaten der agrarmeteorologischen Stationen des DWD sowie der Daten der Waldklimastationen des Staatsbetriebes Sachsenforst (Bsp. Waldklimastation Sachsengrund vom 15.06.2018)



Quelle: SBS Sachsenforst

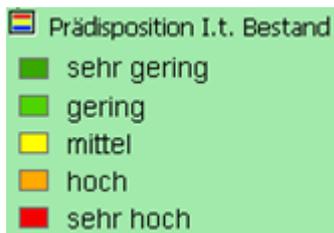
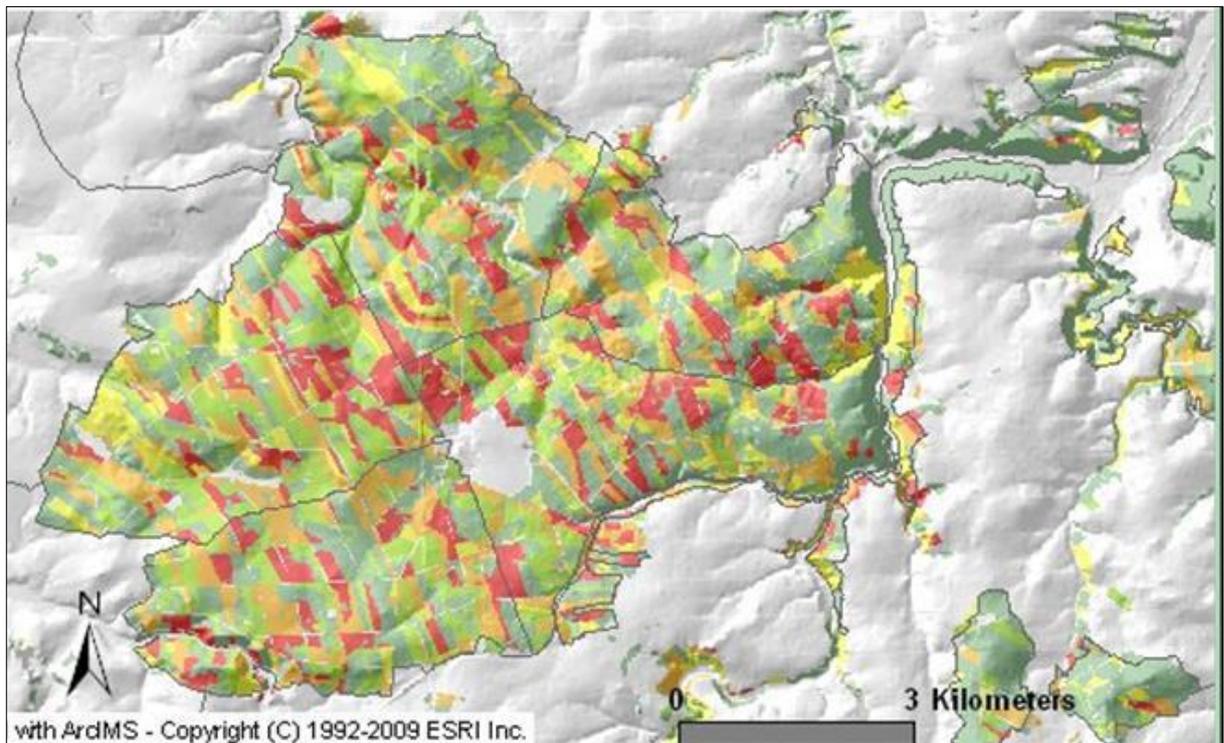
Abb. 4: Darstellung des mittels PHENIPS berechneten (DWD Station Aue) und in den Buchdruckerregionen regionalisierten Entwicklungsstandes des Buchdruckers vom 15.06.2018



Quelle: SBS Sachsenforst, http://iff-server2.boku.ac.at/BKR_Sachsen/

Das Modell PHENIPS beschreibt die Entwicklungsphänologie des Buchdruckers, es beinhaltet jedoch keine Aussagen zur Quantität des zu erwartenden Befalls und zu den möglichen Befallsorten. Das oben genannte Institut entwickelte deshalb ein Prädispositionsschätzsystem (PAS). Dies ermöglicht, basierend auf Daten der Forsteinrichtung, der forstlichen Standortskartierung sowie Klimamodelldaten und abgeleiteten Daten eine Abschätzung der standörtlichen und der bestandesbezogenen Anfälligkeit für Buchdruckerbefall. Auch dieses Modell wurde auf sächsische Daten angewandt. Die Ergebnisse sind mittels GIS visualisiert und ebenfalls landesweit im Internet verfügbar (<http://iff-server2.boku.ac.at/Services/IT-Sachsen/>). Die Prüfung der Eignung dieses Modells zur Gefährdungseinschätzung in Sachsen ist noch nicht abgeschlossen. Es zeichnet sich jedoch bereits die Notwendigkeit einer Anpassung an unsere spezifischen Datengrundlagen ab. Neben der Ableitung von Hinweisen und Empfehlungen für das jeweils aktuelle forstbetriebliche und Verwaltungshandeln, ermöglicht dieses Modell prinzipiell eine Abschätzung des unter den zukünftig veränderten Bedingungen zu erwartenden Befallsrisikos. Gegenwärtig wird diese Thematik im Rahmen des Verbundprojektes IpsPro in Kooperation mit der Forstlichen Versuchsanstalt in Freiburg und der Universität Hamburg weiter bearbeitet.

Abb. 5: Darstellung der bestandesweisen Prädispositionsabschätzung mittels PAS (am Beispiel Tharandter Wald)



Quelle: SBS Sachsenforst

Bereits jetzt ergeben sich in einem steigenden Maße Probleme aus der Verfügbarkeit von Fachpersonal in der Fläche, insbesondere im Kalamitätsfall. Für eine intensive Überwachung als Grundlage für eine rasche Befallserkennung und damit eine rechtzeitige und wirksame Befallsanierung ist dies jedoch essenziell. Durch einen räumlich und zeitlich zielgerichteten Einsatz können die vorhandenen Personalressourcen seitens der Forstbezirke, ggf. ergänzt durch Unternehmer und der unteren Forstbehörden optimal genutzt werden. Dies erfolgte bisher erfolgreich, basierend auf den örtlichen Erfahrungen (Wann und wo fliegt der Käfer bzw. ist Stehendbefall wahrscheinlich?). Größer werdende Zuständigkeitsbereiche und Personalwechsel erschweren jedoch das „Sammeln von Erfahrungen“. Für fundierte Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung sind entsprechende Erfahrungen nur sehr bedingt nutzbar. Eine daraus abgeleitete Zielstellung besteht deshalb darin, Daten und Empfehlungen für die verschiedenen damit konfrontierten Waldschutzakteure (betriebliches Handeln, Beraten und hoheitliches Überwachen u. ggf. Anweisen) bereit zu stellen. Neben der Nutzung der oben dargestellten modellbasierten Ansätze bieten sich dafür auch Fernerkundungsverfahren an. So werden gegenwärtig immer neue Einsatzmöglichkeiten von unbemannten Flugkörpern getestet sowie beschrieben und ihr praktischer Einsatz nimmt rasant zu. Das gilt auch für den Forstbereich. Eine Vielzahl von Veröffentlichungen und Erfahrungsberichten in Fachzeitschriften sind ein

deutlicher Ausdruck für diesen Trend. Eine naheliegende Anwendung ist die Nutzung dieser Technologie zur Erkennung von Buchdrucker-Stehendbefall. Was bisher nur in Form des fachkundigen Blicks auf den Gegenhang bei geeigneten Lichtverhältnissen manchmal erfolgreich möglich ist, wäre damit auch ohne das Vorhandensein von Aussichtspunkten mit entsprechender Sicht auf gefährdete Fichtenbestände, z.B. in der Ebene, realisierbar. Bekanntermaßen ist die rechtzeitige Erkennung von frischem Stehendbefall in der sogenannten „green-attack“-Phase entscheidend für eine erfolgreiche Buchdruckerbekämpfung. Die terrestrische Erkennung von Borkenkäferbefall in Form der Suche nach Bohrmehl, Harztröpfchen, Einbohrlöchern und Rindenabschlägen als Voraussetzung für eine wirksame Sanierung ist aber auch eine sehr arbeitsintensive und einige Erfahrungen beim Suchenden voraussetzende Tätigkeit. Seit Beginn eines aktiven Waldschutzes gegen den Buchdrucker hat sich daran nichts Grundsätzliches geändert. Das sind ideale Voraussetzungen für einen großen technologischen Innovationschub. Im Frühjahr 2017 führte das Waldschutzteam des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha von Thüringen Forst und Sachsenforst einen Verfahrenstest zur Früherkennung von Borkenkäferbefall in Fichtenbeständen durch die Analyse multispektraler Bilddaten durch. Der Versuchsansatz im Jahr 2017, welcher in 2018 wiederholt wird, besteht in einer regelmäßigen Beobachtung künstlich infizierter und damit eindeutig bekannter Stehendbefälle in prädisponierten Fichtenbeständen. Das Ziel besteht darin, die infizierten Bäume spätestens 40 Tage nach Befallsbeginn eindeutig als Stehendbefall zu identifizieren. Neben einer Erstbefliegung vor Befallsbeginn fanden regelmäßige Befliegungen im zeitlichen Abstand von etwa 10 Tagen statt. Bisher ist das getestete Verfahren in der aktuell verfügbaren Form offensichtlich nicht geeignet, buchdruckerbefallene Fichten in der „green-attack“-Phase und damit noch rechtzeitig für eine wirksame Sanierung zu erkennen.

Abb. 6: Start des UAV zur Erfassung des Ausgangszustandes vor Befallsinduzierung im Revier Waldmühle am 09.05.2017



Quelle: SBS Sachsenforst

Die Umsetzung des bewährten integrierten Bekämpfungskonzeptes mit den Komponenten: weitgehend saubere Wirtschaft und intensive Überwachung und schnelle Sanierung von frischem Befall, die lokal unter geeigneten Umständen durch weitere Maßnahmen (Einsatz von

Fangbäumen, Fallen und Fangholzhaufen) ergänzt werden, was und bleibt der zentrale Maßnahmenkomplex zur Minimierung der durch Borkenkäfer verursachten Schäden in forstlich bewirtschafteten Wäldern in Sachsen. Bei einer stabilen Präsenz einer forstlich, speziell waldschutzfachlich kompetenten Personalressource in der Waldfläche, die ggf. technisch optimal ausgestattet wird, einer hohen Holznachfrage, einem ausreichenden Angebot geeigneter und variabler Aufarbeitungskapazitäten durch Unternehmer sowie einige weitere Aspekte (z.B. Verfügbarkeit amtlich zugelassener Insektizide gegen rinden- und holzbrütende Borkenkäfer an Nadelholz) sind auch zukünftig günstige Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung dieses Konzeptes gegeben.

5 Borkenkäfer in Schutzgebieten

5.1 Allgemeine Prinzipien

Das Motto bzw. die Zielstellung von Schutzgebieten, insbesondere Nationalparks (NLP), ist es, die "Natur Natur sein lassen". Alle natürlichen Prozesse können ohne menschliche Beeinflussung ablaufen. „Waldschäden“ im Wortsinne des Waldschutzes gibt es nicht, da keine vom Menschen vorgegebene Zielstellung existiert, die „Schaden“ nehmen kann. Die Massenvermehrung des Buchdruckers ist eine temporäre Störung innerhalb des Ökosystems Wald und initiiert die Verjüngungsprozesse. Danach stellt sich ein neuer Zustand des Ökosystems Wald ein. In Verbindung mit dem Klimawandel kann das auch ein Zustand sein, der an diesen Entwicklungstrend weniger angepasst ist, als ein vom Menschen, mit dem Wissen um die möglichen erst in Jahrzehnten mit aller Deutlichkeit auftretenden Effekte, künstlich begründeter bzw. umgebauter Wald. In dem vom wirtschaftenden Menschen unbeeinflussten Wald erfolgt diese Anpassung wesentlich langsamer.

In fichtendominierten NLP kann die Störung „Buchdrucker“ innerhalb sehr kurzer Zeiträume, gemessen an den Entwicklungszeiträumen von Waldökosystemen, zu erheblichen Zustandsänderungen führen. In den NLP „Bayrischer Wald“ und „Harz“ zeigt sich diese Entwicklung bereits seit mehreren Jahren. Diese Änderungen sind umso deutlicher, je intensiver der menschliche Einfluss vorher war und umso naturferner die bisherige Bestockung zu bewerten ist.

Da die NLP trotz ihrer Größe in der Regel auch an bewirtschafteten Wald angrenzen, wird in Pufferzonen im Übergangsbereich und/oder in einer Pflegezone des Schutzgebietes das integrierte Bekämpfungskonzept konsequent angewendet.

Da in Schutzgebieten ein intensives Monitoring hinsichtlich verschiedener Parameter erfolgt und diese Gebiete auch für wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung stehen soweit es sich dabei nicht um Eingriffe in die natürlichen Prozesse handelt, leisten sie auch einen Beitrag zum Erkenntnisfortschritt bzw. zur Bestätigung altbekannter Erfahrungen zur Populationsdynamik der Borkenkäfer, speziell des Buchdruckers.

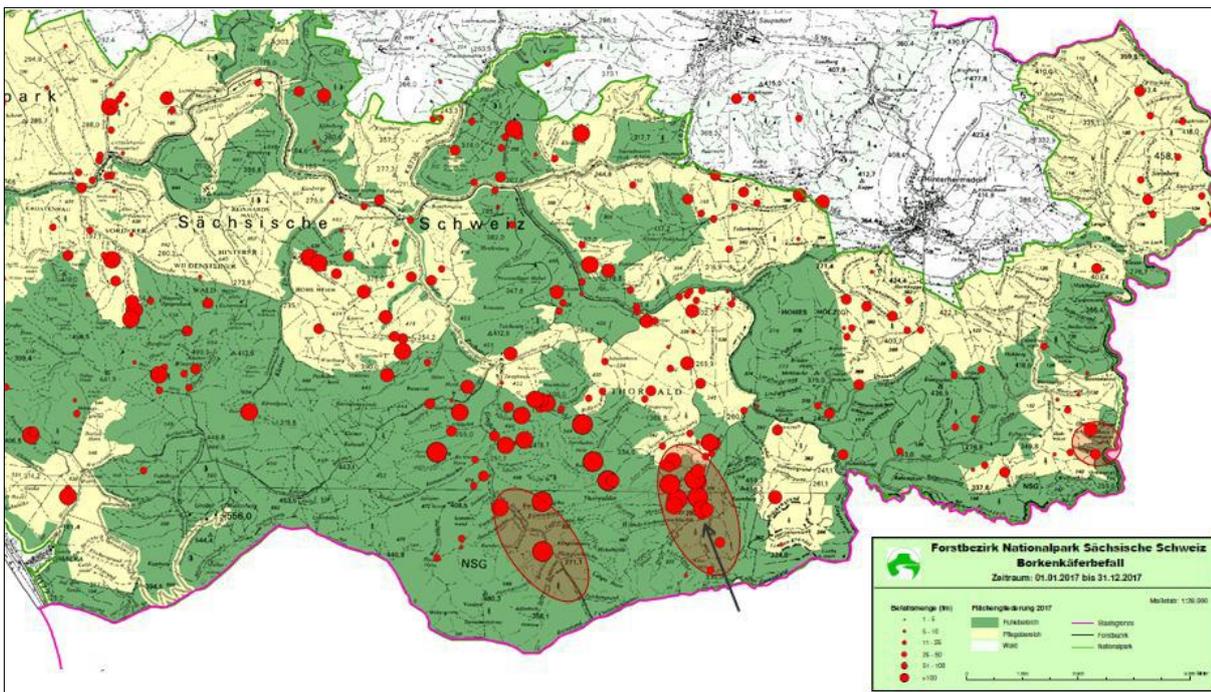
5.2 Umsetzung und Erfahrungen im Nationalpark „Sächsische Schweiz“

Das Wald-Felsgebiet des Nationalparks Sächsische Schweiz (NLP) wurde lange Zeit forstlich genutzt. Im untersuchten hinteren Teil dominiert meist in Reinbeständen über 60 Jahre mit 55,5% die Fichte. Diese Waldstrukturen weisen auf eine potenzielle Befallsgefährdung durch den Buchdrucker hin. Katastrophale Massenvermehrungen traten in der Vergangenheit jedoch nicht auf. Wesentliche Gründe dafür waren das kleinflächige Standortsmosaik mit den daraus

entstandenen Bestandesstrukturen und das Ausbleiben stärkerer Wurf- und Bruchschäden. Entsprechend der Zielstellung des NLP werden im Ruhebereich keine Maßnahmen gegen den Buchdrucker durchgeführt. Im Waldpflegebereich kommt bei Bedarf das integrierte Bekämpfungskonzept mit Ausnahme des Insektizideinsatzes zur Anwendung. Langfristige Dokumentationen seit 1996 sowohl der Verteilung, Menge und zeitlichen Abfolge des Stehendbefalls als auch der Aktivitätsdichten in lockstoffbeködeten Fallen ermöglichen detaillierte Untersuchungen zur Befallsdynamik des Buchdruckers.

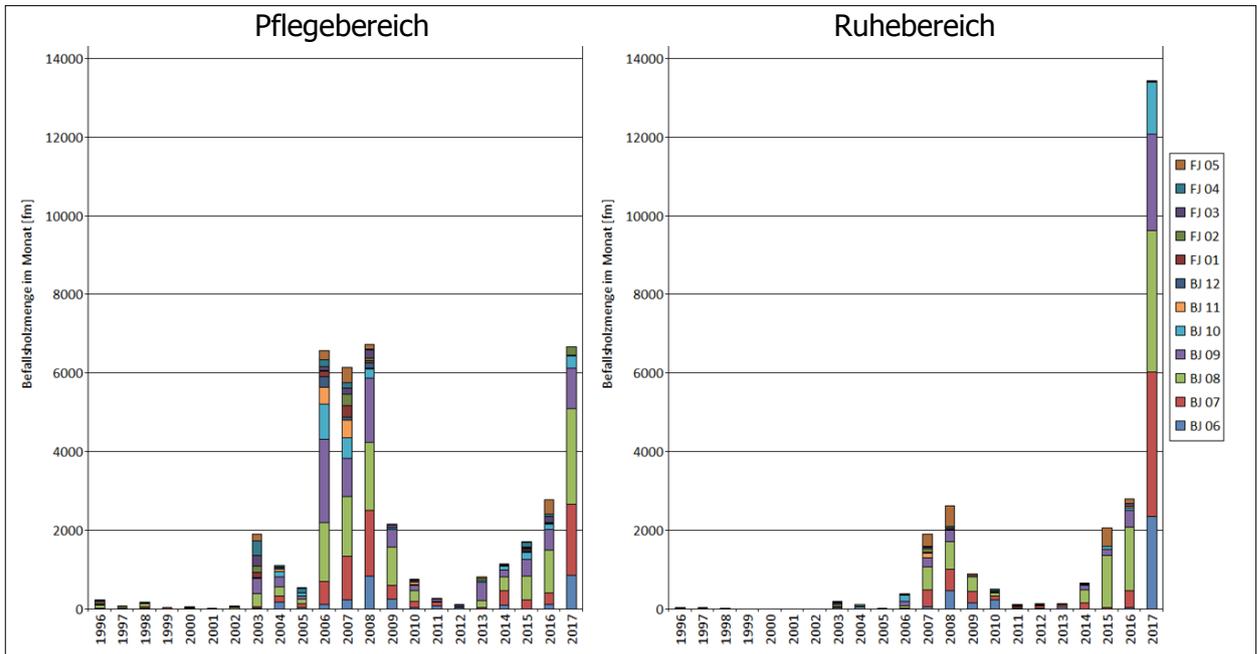
Seit 2017 geht die Befallsdynamik im NLP Sächsische Schweiz weit über das hinaus, was seit dessen Ausweisung und auch davor in diesem Gebiet beobachtet wurde. Rund ein Drittel des 2017 landesweit registrierten Buchdruckerbefalls entfiel auf Fichtenbestände im Nationalpark „Sächsische Schweiz“ und hier besonders auf den Ruhebereich (siehe Abb.1). Entsprechend der Zielstellung eines NLP finden in der Ruhezone keine Bewirtschaftungsmaßnahmen statt. Die natürlichen Entwicklungsabläufe vollziehen sich ohne Einfluss des Menschen. Damit zeigt dieses „Großlabor“ auch, zu welchen walddynamischen Prozessen der nur maximal 5,5 mm große bzw. kleine Borkenkäfer in der Lage ist, wenn seine Entwicklung nicht durch forstliche Maßnahmen reguliert wird. Im Pflegebereich des NLP, der häufig die äußere Begrenzung bildet, wird das Konzept des integrierten Forstpflanzenschutzes gegen Borkenkäfer durch den NLP analog zu den Forstbezirken im Landeswald konsequent umgesetzt.

Abb. 7: Intensität und Verteilung des Buchdruckerbefalls im NLP „Sächsische Schweiz“ 2017



Quelle: SBS Sachsenforst

Abb. 8: Buchdruckerbefall im NLP Sächsische Schweiz 1996 -2017 im unbewirtschafteten Ruhebereich und im Pflegebereich mit integriertem Bekämpfungskonzept



Quelle: SBS Sachsenforst

6 Zusammenfassung

Der Buchdrucker ist in Sachsen wie in ganz Deutschland und darüber hinaus in fichtendominierten Wäldern Mitteleuropas der wirtschaftlich relevanteste biotische Schaderreger. Diese Bedeutung wird in Verbindung mit dem erwarteten Klimawandel weiter zunehmen. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt das bereits sehr eindrucksvoll.

In bewirtschafteten Wäldern sind geeignete Maßnahmen zwingend erforderlich, um das mögliche Schadausmaß des Buchdruckers zu minimieren. Neben der Schaffung stabiler, standortsangepasster, möglichst mehrschichtiger Mischbestockungen als langfristige Stabilisierungsmaßnahme (Prophylaxe) kommt dabei der konsequenten Umsetzung des bewährten integrierten Bekämpfungskonzeptes als mittel- und kurzfristige Therapiemaßnahme eine Schlüsselfunktion zu. Neben rechtlichen Rahmenbedingungen müssen die personellen und materiellen Ressourcen gegeben sein, um diesen Maßnahmenkomplex wirksam umzusetzen.

Die Entwicklung in bewirtschafteten Wäldern zeigt, aus dem Blickwinkel des forstlichen Wirtschafters, einerseits wie notwendig und zum anderen auch wie erfolgreich das integrierte Bekämpfungskonzept ist bzw. sein kann.