



Bayerns ~~Käfer~~-Holz.
Sogar mit Käfer ein
wertvoller Rohstoff.

Impressum

Herausgeber:
proHolz Bayern
Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern
mit proHolz Bayern gGmbH
Obere Hauptstraße 36, 85354 Freising

E-Mail: Info@proholz-bayern.de
Internet: www.proholz-bayern.de

Verantwortlich: proHolz Bayern
Redaktion: Alexander Bogner, Luisa Knauf
Grafische Gestaltung: R+C Jeworutzki GbR

2. Auflage im September 2024

Alle Angaben nach bestem Wissen und Gewissen:
auf Grundlage der am Ende aufgeführten Quellen.
Für die Vollständigkeit und mögliche Fehler können wir
keine Garantie und Haftung übernehmen. Die in diesem
Fact Sheet verwendeten Personenbezeichnungen
beziehen sich immer gleichermaßen auf alle Geschlechter.

Social Media



Facebook 
Folgen Sie uns auf Facebook



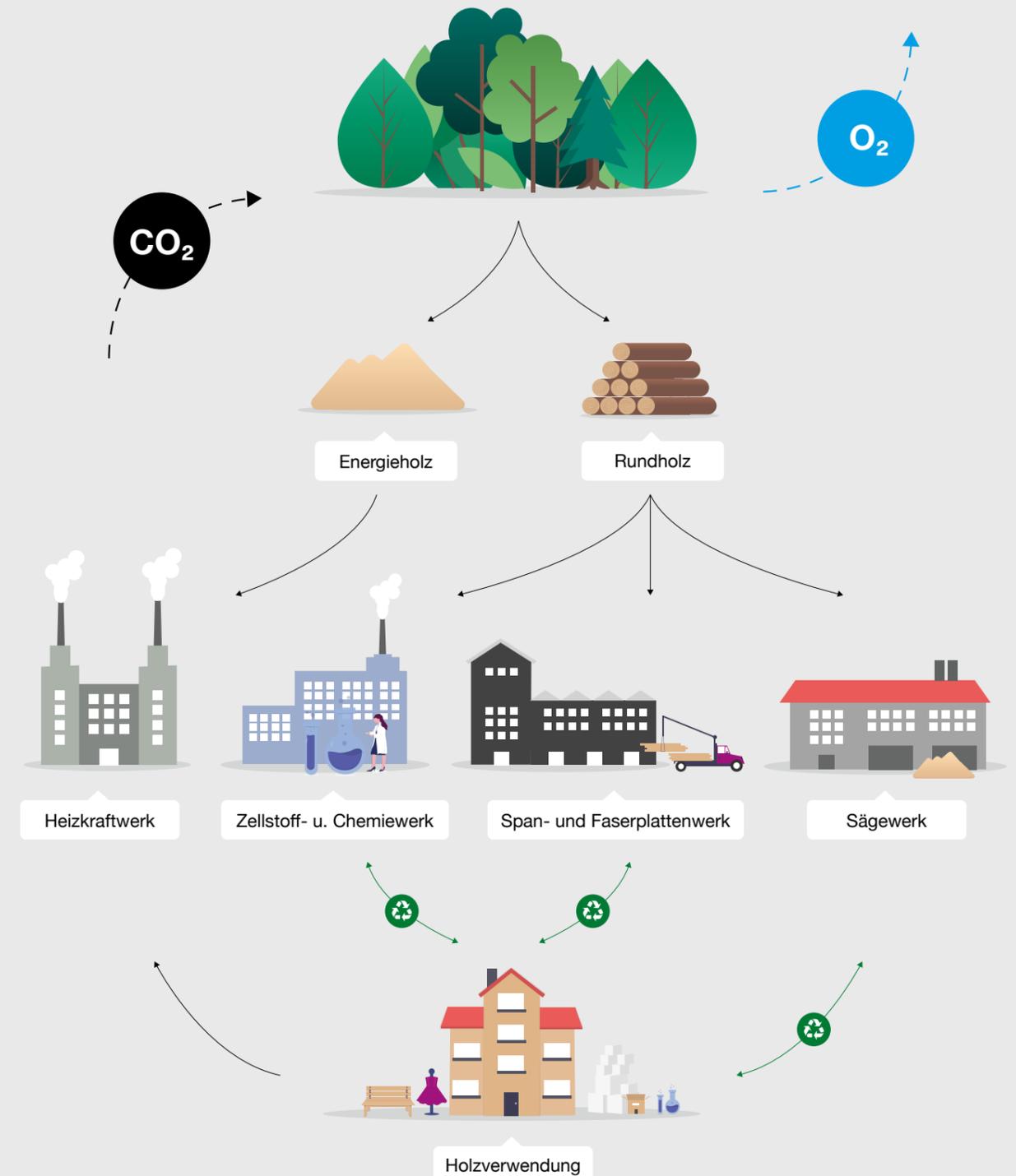
Instagram 
Folgen Sie uns auf Instagram

Diese Broschüre entstand mit Unterstützung der Abteilungen „Waldschutz“ und „Forsttechnik, Betriebswirtschaft, Holz“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

Bayerns Wälder. Ein ewiger Kreislauf.

Eine moderne holzbasierte Kreislaufwirtschaft ist nachhaltig und schützt langfristig unser Klima. Holz kann im Holzbau, in der modernen Holzenergie und in der holzbasierten Bio-ökonomie zur Herstellung von z.B. Textilien, Verpackungen, Nahrungsmitteln, Kraftstoffen, Kleber oder Kosmetika eingesetzt werden.

Der natürliche Rohstoff wächst in unseren bewirtschafteten Wäldern nachhaltig nach. Die staatliche und private Forstwirtschaft sichert mit ihrer Arbeit die Sauerstoffproduktion sowie die Kohlenstoffspeicherung durch den heimischen Wald und betreibt damit aktiven Klimaschutz.



Inhaltsverzeichnis

Die Postition von proHolz Bayern	2
Hintergrund und Einführung	3
Buchdrucker und Kupferstecher – Profiteure des Klimawandels	4
Die Borkenkäferarten	5
Große Holzmengen durch Borkenkäferbefall und -management	6
Folgen für Waldbesitzende und Forstwirtschaft	8
Was können Waldbesitzende tun?	10
Was passiert mit dem Holz nach dem Käferbefall?	12
Fazit	14
Quellenverzeichnis	16

Die Position von proHolz Bayern

Veränderte klimatische Bedingungen, hin zu mehr Trockenheit und warmen Temperaturen, begünstigen einen starken Befall von Fichten durch die beiden Borkenkäferarten Buchdrucker und Kupferstecher. Für Waldbesitzende und Forstbetriebe resultieren daraus Mindererträge, u.a. durch reduzierte Holzpreise wegen vermeintlicher Entwertung des Holzes und durch die Entnahme der Bäume vor der Hiebsreife. Zeitgleich entstehen hohe Kosten für die Wiederaufforstung der Kalamitätsflächen oder für präventive Waldumbaumaßnahmen. Alle Akteurinnen und Interessensvertreter der Wertschöpfungskette Forst-Holz haben ein Interesse daran, dass langfristig Holz aus heimischer Forstwirtschaft zur Verfügung steht. Um weiterhin eine nachhaltige Holzproduktion zu sichern und um künftigen Kalamitäten entgegenzutreten, ist eine Fortsetzung des aktiven Waldumbaus zu klimaresilienten Mischwäldern notwendig.

proHolz Bayern möchte Waldbesitzende und Forstbetriebe bei dieser Aufgabe unterstützen: Holz, das in Folge von Borkenkäferbefall frisch geschlagen wird, kann nahezu uneingeschränkt verwendet werden. Eine faire Preisgestaltung zwischen Produzenten und KäuferInnen betrachten wir als essenziell, um langfristig eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, auch im Klein- und Kleinstprivatwald, zu sichern.

Hintergrund und Einführung

Holz, das in Folge von Borkenkäferbefall oder im Rahmen des Borkenkäfermanagements entnommen wird, wird oftmals als „Käferholz“ bezeichnet. Diese Bezeichnung suggeriert eine geringere Qualität des Holzes. Optisch ist der Eindruck, dass das Holz geschädigt ist, verständlich – der Bast ist oftmals von den Käferlarven und Jungkäfern zerfressen und eingetragene Bläuepilze führen zu farblichen Veränderungen des Holzes.

Die technischen Holzeigenschaften werden jedoch weder durch den Borkenkäferbefall selbst noch durch eine nachfolgende Besiedelung mit Bläuepilzen verändert [1,17]. Deshalb muss das Holz aufgrund des Käferbefalls keiner „geringerwertigen“ Nutzung zugeführt werden, sondern der Nutzung, die man für einen entsprechenden Stamm ohne Käferbefall auch wählen würde.

Dementsprechend spricht sich proHolz Bayern dafür aus, keine begriffliche Unterscheidung zwischen Holz, das aufgrund von Borkenkäferbefall entnommen wird und regulär genutztem Holz zu machen.

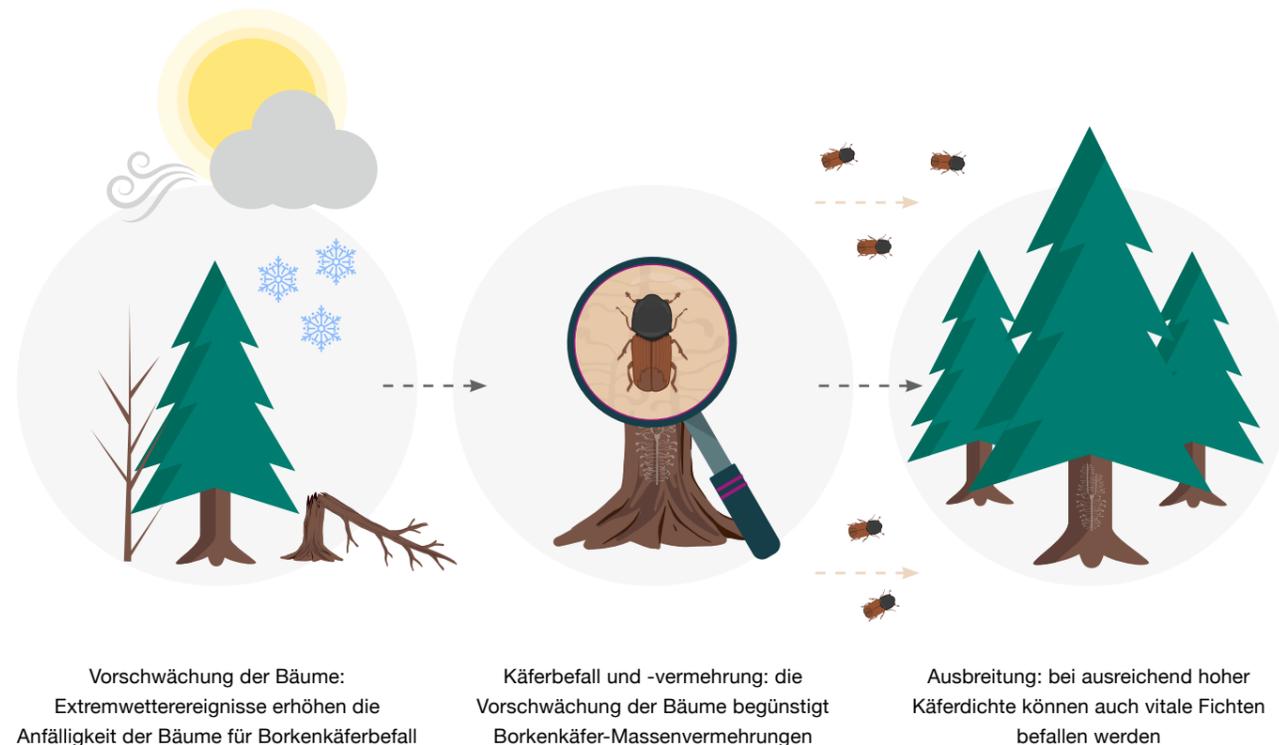
Dieses Fact Sheet fokussiert sich auf die Baumart Fichte (*Picea abies*) und einen Befall durch die beiden bedeutendsten Borkenkäferarten Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) [vgl. 4, 12].



Buchdrucker und Kupferstecher – Profiteure des Klimawandels

Durch den Klimawandel erweitert sich der Lebensraum von Buchdrucker und Kupferstecher in höhere Breitengrade und in größere Höhenlagen [16]. Zudem führen Trockenheit und Stürme zu einer abiotischen Vorschwächung oder -schädigung von Wäldern und damit auch zu einer verminderten Abwehrfähigkeit [16, 18]. Insbesondere Fichtenbestände außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets sind davon betroffen [16]. Dieses beschränkt sich in Bayern auf die höheren Lagen der Alpen, den innersten Bayerischen Wald und die Gipfellagen des Fichtelgebirges und des Frankenwaldes [2]. Dadurch können Buchdrucker und Kupferstecher die Bäume leichter befallen und profitieren von einem verbesserten Brutraumangebot [16, 18]. Hohe Temperaturen und geringe Niederschläge wirken sich zudem positiv auf die Brutbedingungen der wärmeliebenden Insekten aus [16].

Bei günstiger Witterung können sowohl Buchdrucker als auch Kupferstecher bis zu drei Generationen plus Geschwisterbruten pro Jahr ausbilden [19]. Die Nachkommenschaft eines Buchdruckerweibchens kann somit über 100.000 Käfer pro Jahr betragen. Diese starke Vermehrungsfähigkeit begründet maßgeblich das hohe Schadpotenzial der Rindenbrüter an Fichte [3]. Bei entsprechend hohen Käferdichten können nicht nur geschwächte, sondern auch vitale Bäume besiedelt werden [18]. Somit steigt durch die klimatischen Veränderungen die Wahrscheinlichkeit für Massenvermehrungen und damit das Risiko für großflächige Borkenkäferkalamitäten.

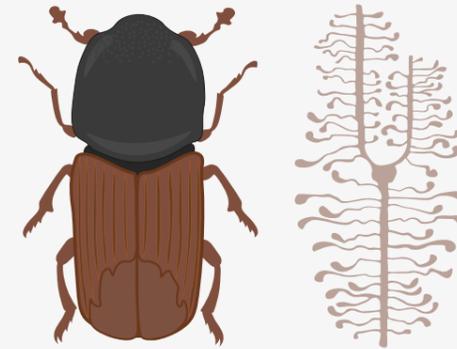


Die Borkenkäferarten

Buchdrucker und Kupferstecher sind die in Deutschland und Mitteleuropa bekanntesten und an Fichten am weitesten verbreiteten Borkenkäferarten [4]. Sie gehören zu den rindenbrütenden Borkenkäfern und legen ihr Brutbild im Bast, also zwischen Holz und Borke, an [4, 19]. Dadurch werden die Nährstoffleitbahnen des Baums unterbrochen. Zusätzlich werden bei der Brutanlage phytopathogene Pilze eingetragen, welche den Absterbeprozess befallener Fichte beschleunigen [4].

Der Buchdrucker

Ips typographus
4 - 5,5 mm lang [3]

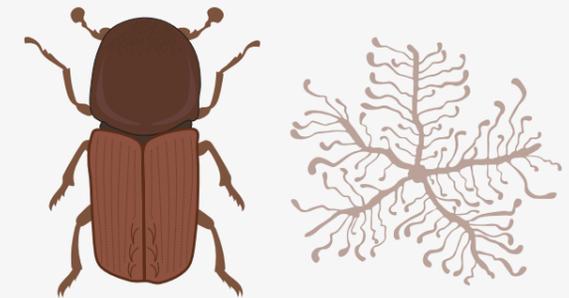


Hauptwirt:
Fichten, selten auch an anderen Nadelbaumarten (Kiefern, Lärchen, Tannen, Douglasien) [19]

Besiedelung
des dickborkigen Stammbereichs mit Durchmesser > 20 cm [13]

Der Kupferstecher

Pityogenes chalcographus
1,6 - 3 mm lang [3]



Hauptwirt:
Fichten, gelegentlich auch an anderen Nadelbaumarten (Kiefern, Lärchen, Tannen, Douglasien) [19]

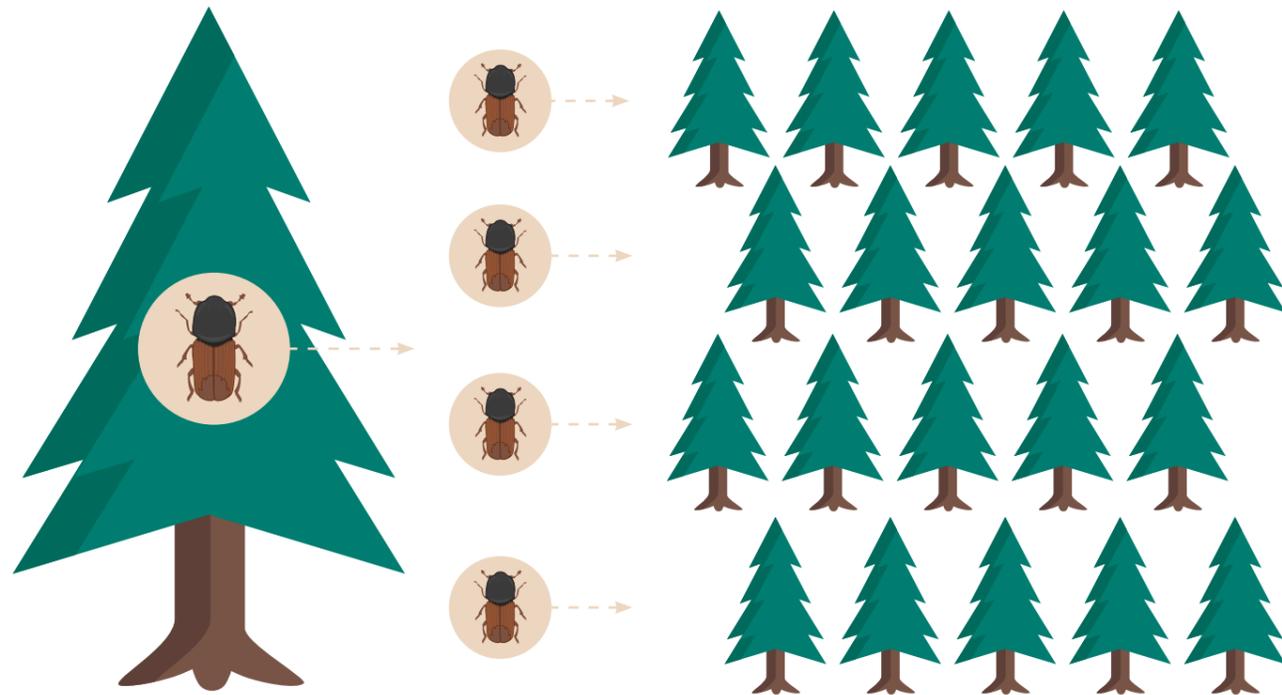
Besiedelung
in dünnborkigen Bereichen (Krone, Äste, junge Bäume) ab einem Durchmesser von 2 cm [5, 13]



Weiterführende Informationen zur Biologie von Buchdrucker und Kupferstecher finden sie im LWF-Merkblatt 14 „Buchdrucker und Kupferstecher an Fichte“.

Große Holzmengen durch Borkenkäferbefall und -management

Aus einer von Borkenkäfern befallenen Altfichte können in wenigen Wochen so viele Jungkäfer ausfliegen, dass rund 20 weitere benachbarte Bäume besiedelt werden können [3].



Aus einer befallenen Altfichte können mehr als 20.000 Jungkäfer ausfliegen...

... und bis zu bis zu 20 weitere Fichten befallen.

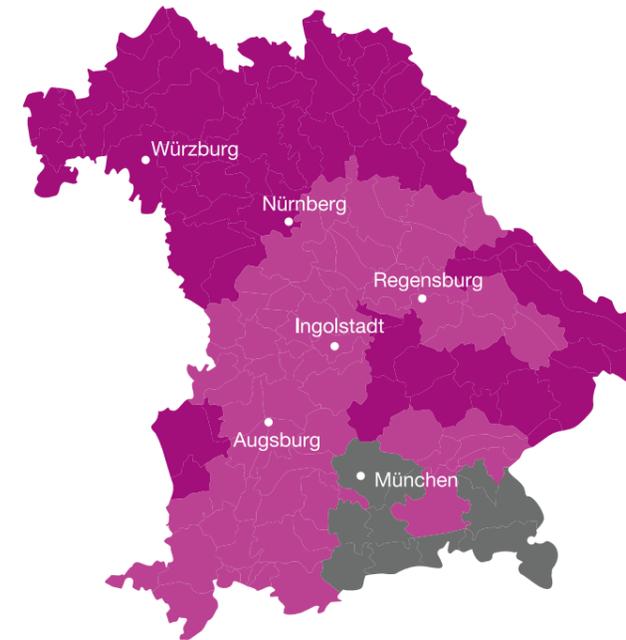
Um eine Massenvermehrung der Käfer und einen Befall weiterer Bäume zu verhindern ist es daher notwendig, Borkenkäferbefall frühzeitig zu erkennen und befallene Bäume zügig in sog. Sanitärhieben aufzuarbeiten und aus dem Wald/Bestand abzutransportieren [3].

Im Rahmen der Borkenkäferbekämpfung und des Borkenkäfermanagements können dadurch in kurzer Zeit große Holzmengen anfallen: In Bayern wurde im Jahr 2023 eine Rekordmenge von 6,3 Mio. Erntefestmetern Holz in Folge von Buchdrucker- und Kupferstecherbefall eingeschlagen.

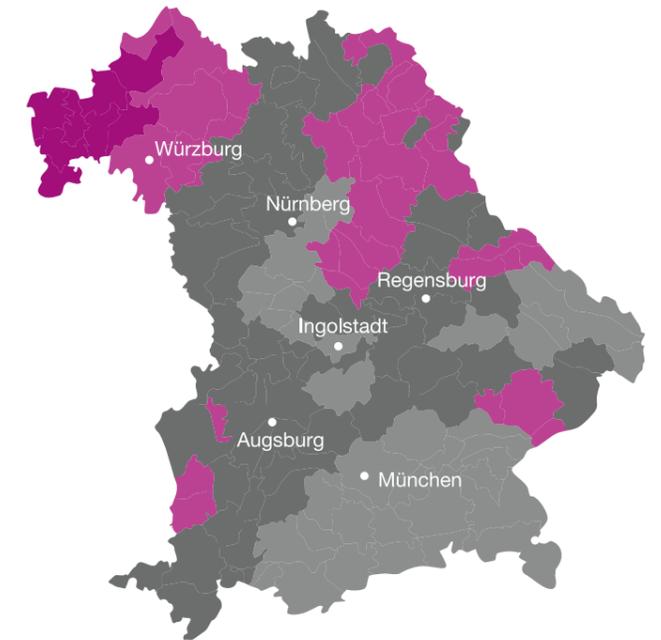
Das entspricht etwa zwei Drittel des außerplanmäßigen Holzeinschlags in Bayern 2023 [20].

Beispielhaft für die Größe der Waldfläche, die in Bayern durch Borkenkäfer gefährdet ist, sehen Sie in den nachfolgenden Karten die potenzielle Gefährdungseinschätzung (nicht alle rot eingefärbten Bereiche sind mit Fichten bestockt oder tatsächlich von Borkenkäfern befallen) für Bayern (Stand: 09/2023), getrennt nach Buchdrucker und Kupferstecher.

Buchdrucker



Kupferstecher



■ Keine Warnstufe ■ Warnstufe ■ Gefährdungsstufe ■ Gefährdungsstufe mit akutem Befall

Die Gefährdungseinschätzungen Buchdrucker und Kupferstecher durch die ÄELF 2023 zum Ende des Monitorings am 30.09.2023. Der akute Befall durch Buchdrucker zieht sich 2023 bis in den Süden. (© LWF)



Weiterführende Informationen zum Monitoring von Borkenkäferbefall finden Sie in der LWF-Praxishilfe „Buchdrucker und Kupferstecher - Befall erkennen“



Die aktuelle Einschätzung der Gefährdung durch die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bayern können Sie im Borkenkäferinfoportal der LWF abrufen.

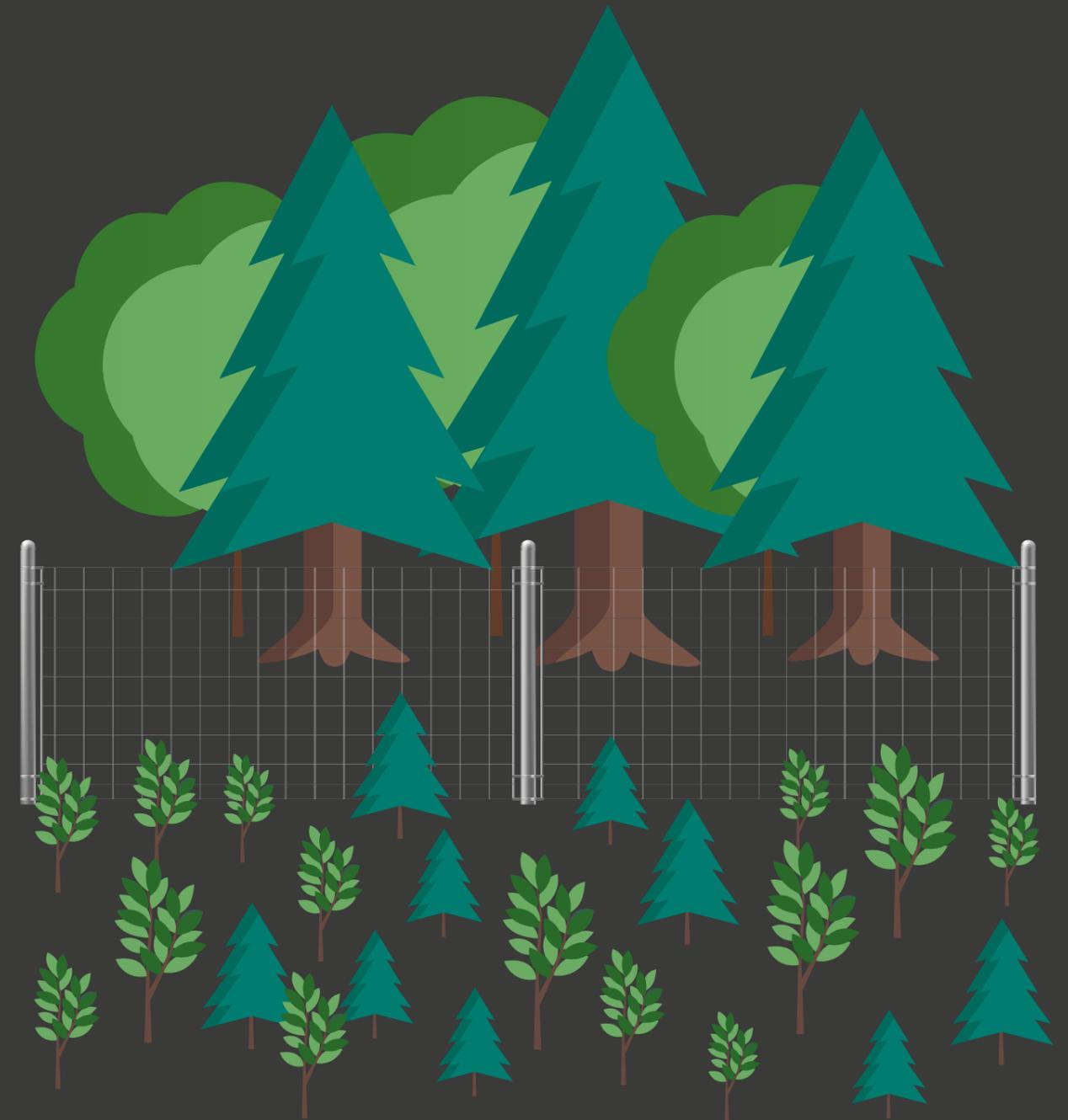
Folgen für Waldbesitzende und Forstwirtschaft

Forstbetriebe und Waldbesitzende sind infolge von Borkenkäferkalamitäten mit großen ökonomischen Herausforderungen konfrontiert: Die ungeplanten Holznutzungen führen zu Mindererlösen, u.a. durch Ertragsverluste durch die Entnahme von Bäumen vor der Hiebsreife und durch verringerte Holzpreise infolge des erhöhten Holzangebots [9, 16]. Zudem wird von Seiten des schnittholzproduzierenden Gewerbes der Borkenkäferbefall gegenüber den Forstbetrieben und Waldbesitzenden häufig als Qualitätsmangel und damit als Grund für die Preisminderungen angeführt.

Beispiel: Kosten für Waldbesitzende durch Borkenkäferbefall

	Verluste und Kosten	Gewinne
Verluste Holzverkauf (2020-2023)	7.368,32 €	-
Zuwachsverluste durch Ernte vor Hiebsreife	8.820,00 €	-
Zäunung	2.567,00 €	-
Zaunabbau	2.400,00 €	-
Pflanzung und Pflanzen	5.046,75 €	-
Kulturpflege	3.510,00 €	-
Förderung Borkenkäferaufarbeitung		1.015,26 €
Förderung Wiederaufforstung		6.202,75 €
Holzverkauf (2020-2023)		5.341,16 €
Summe	29.712,07 €	12.559,17 €

Das Beispiel zeigt Verluste und Gewinne eines Kleinprivatwaldbesitzers, dessen 0,42 ha großer Wald innerhalb von 3 Jahren vollständig durch Trockenschäden und Borkenkäferbefall geschädigt wurde. Der Ausgangsbestand war ein 50-jähriger, einschichtiger Fichtenreinbestand. Die Kalamitätsfläche wurde gezäunt und mit Traubeneiche, ergänzt durch Feldahorn, Hainbuche und Vogelkirsche, wiederaufgeforstet. (Quelle: WBV Dinkelsbühl)



Gleichzeitig entstehen für Waldbesitzende hohe Kosten für die Wiederaufforstung der Kalamitätsflächen, wenn nicht bereits vorausverjüngt wurde. Insbesondere wenn dabei vormals fichten-dominierte Bestände zu klimaresilienten Mischwäldern umgebaut werden sollen, können kostenintensive Pflanzungen anderer Baumarten notwendig sein [9]. Dieser aktive Waldumbau ist jedoch wichtig, um künftigen Borkenkäferkalamitäten und anderen Schadereignissen vorzubeugen [15].

Was können Waldbesitzende tun? – Handeln Sie proaktiv!



Regelmäßiges Durchforsten

Verminderter Konkurrenzdruck erhöht die Wuchsleistung und die Widerstandskraft der Bäume und macht sie weniger anfällig für Borkenkäferkalamitäten [15].



Regelmäßige Befallskontrolle

In der Schwärmpériode sollten Fichtenbestände in einem 2-wöchigen Abstand kontrolliert werden, um Borkenkäferbefall frühzeitig zu erkennen. Befallene Bäume müssen dann im Sinne einer „sauberen Waldwirtschaft“ schnellstmöglich entnommen werden, um einer weiteren Ausbreitung des Befalls entgegenzuwirken [5].

Mischbaumarten einbringen

Das Einbringen klimaresilienter Alternativbaumarten im Zuge eines aktiven Waldumbaus verringert die Wahrscheinlichkeit großflächiger, abiotischer oder biotischer Schadereignisse [15]. Die Bayerischen Staatsforsten empfehlen z. B. mindestens vier Baumarten je Waldbestand zu mischen [7]. Dies erfordert auch eine waldfreundliche Jagdausübung, damit sich die Hauptbaumarten und wichtige Mischbaumarten ohne Zaunschutz etablieren können [15].



Holzlagermöglichkeiten verbessern

Um einem temporären Holzüberangebot und dem damit einhergehenden Preisverfall in Folge von Borkenkäferkalamitäten entgegenzuwirken ist es wichtig, Möglichkeiten zur längerfristigen Holzlagerung zu schaffen. Die Nasslagerung ist hierbei von besonderer Bedeutung, da sie auch eine Besiedelung mit Bläuepilzen aufhalten kann [1].



Vorausverjüngen

Das frühzeitige Verjüngen von Waldbeständen und die Förderung der Naturverjüngung vermeidet Pflanzkosten und ein „Bei-Null-Anfangen“ nach einer Borkenkäferkalamität und kann somit die ökonomischen Auswirkungen abmildern [6].

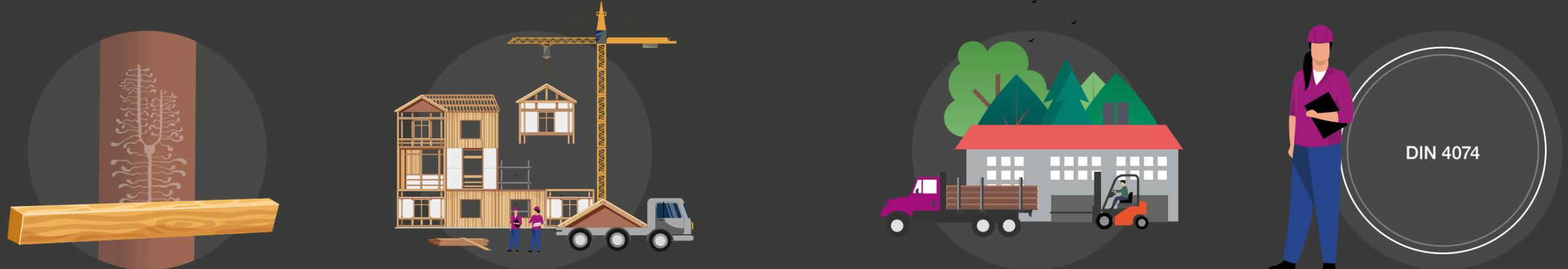


Weiterführende Informationen zur Rundholzlagerung finden Sie im LWF Wissen 71 „Verfahren der Rundholzlagerung“.



Informationen zur Planung und Einrichtung von Nasslagern finden Sie im „Leitfaden Handlungsempfehlung Nasslager“ der LWF.

Was passiert mit dem Holz nach dem Käferbefall?



Auswirkungen des Käferbefalls

Rindenbrütende Borkenkäfer wie Buchdrucker und Kupferstecher legen ihr Brutbild im Bast an, also zwischen Holz und Borke [19]. Die Fraßgänge der Käfer und ihrer Larven finden sich daher nur oberflächlich auf dem eigentlichen Holzkörper, reichen also maximal 3 mm ins Splintholz und beeinflussen den restlichen Holzkörper nicht [17]. Damit befinden sie sich in Bereichen, die bei der Herstellung von Schnittholz ohnehin nicht verwendet werden.

Der Befall durch Buchdrucker und Kupferstecher hat keine Auswirkungen auf die technischen Holzeigenschaften [17]. Das Holz kann somit auch für den konstruktiven Bereich uneingeschränkt genutzt werden.

Auswirkungen von Bläuepilzen

Bei der Brutanlage bringen Borkenkäfer oftmals sog. Bläuepilze in den Baum ein [14]. Diese besiedeln das Splintholz und führen dort zu einer sichtbaren bläulichen Verfärbung [8]. Bläuepilze ernähren sich von Parenchymzellplasma, ein Abbau von Zellwänden und damit eine Reduzierung der Festigkeit findet nicht statt [1]. Wie weit sich die Bläue im Stamm ausdehnen kann, hängt maßgeblich davon ab, wie schnell das Holz so stark abtrocknet, dass ein weiteres Pilzwachstum nicht möglich ist [17]. Deshalb ist es wichtig, das Holz zeitnah abzufahren und aufzuarbeiten oder einer Nasslagerung zuzuführen.

Die Besiedelung des Splintholzes durch sogenannte Bläuepilze führt zu einer rein optischen Veränderung des Holzes und hat keine wesentlichen Auswirkungen auf die technischen Holzeigenschaften [1]. Da durchschnittlich ca. 80 % des Holzes im Holzbau ohnehin nicht-sichtbar verbaut werden, kann das Holz trotz Verfärbung praktisch uneingeschränkt genutzt werden.

Auswirkungen von holzabbauenden Pilzen

Wenn Käferbäume über längere Zeit abgestorben im Bestand belassen und nicht aufgearbeitet oder angemessen gelagert werden, folgen den Bläuepilzen auch holzabbauende Pilzarten. Die Stärke und Geschwindigkeit des Holzabbaus variieren in Abhängigkeit von der Pilzart, der artspezifischen Dauerhaftigkeit des Holzes, der Feuchtigkeit und der Temperatur [8]. Um eine Besiedelung mit holzabbauenden Pilzen zu vermeiden ist es daher wichtig, das Holz zügig aus dem Wald abzufahren.

Zu einer signifikanten Veränderung der technischen Holzeigenschaften durch holzabbauende Pilze kommt es nur, wenn das Holz über lange Zeiträume im Wald belassen wird. Bei zügiger Aufarbeitung sind keine Veränderungen der technischen Holzeigenschaften zu erwarten [17].

Qualitätssicherung im Holzbau

Jedes Stück Schnittholz muss, unabhängig von seiner Herkunft oder Vorgeschichte, die Kriterien der Norm DIN EN 14081-1 erfüllen, um in einem Gebäude zum Einsatz kommen zu dürfen [11]. Buchdrucker- und Kupferstecherbefall wird in der DIN-Norm nicht angeführt. Fraßgänge von Frischholzinsekten sind bis zu einem Durchmesser von 2 mm zulässig [10].

Auch eine bläuliche Verfärbung des Holzes, die durch die Besiedelung mit sog. Bläuepilzen in Folge eines Borkenkäferbefalls auftreten kann, ist laut der Norm DIN 4074 unbegrenzt zulässig. Braun- oder Weißfäule ist nicht zulässig [10], ein Befall mit holzabbauenden Pilzen kann jedoch durch eine schnelle Abfuhr des Holzes aus dem Wald und eine zügige Verarbeitung zuverlässig verhindert werden [17].

Fazit

Entgegen der weitläufigen Meinung ist Holz, das von Bäumen stammt, die von Buchdrucker oder Kupferstecher befallen sind, kein minderwertiges Produkt oder gar „Abfall“ der Forstwirtschaft. Da die technischen Holzeigenschaften gegenüber nicht-befallenem Holz nur unwesentlich verändert sind, kann es gleichermaßen zu Schnittholz verarbeitet, im Holzbau eingesetzt oder auch als Ausgangsstoff für die Papier- und Holzwerkstoffindustrie verwendet werden.

Der Bau mit heimischem Holz leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Holz ist ein regional verfügbarer Rohstoff, der idealerweise auch regional zum Einsatz kommen sollte. Durch kurze Transportwege kann er sein Klimaschutzpotenzial optimal entfalten. Bauherren sowie Planerinnen und Architekten, die bei der Realisierung von Holzbauprojekten bewusst auf heimisches Holz setzen, unterstützen den Weg hin zu mehr Nachhaltigkeit in der Braubranche und bekennen sich zu regionaler Wertschöpfung – insbesondere, wenn Sie die Verwendung von Holz, das im Rahmen von Borkenkäferbekämpfung und -management anfällt, bereits in der Ausschreibung festlegen.

Um langfristig die regionale Bereitstellung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sicherzustellen ist es – insbesondere in Hinblick auf die Herausforderungen durch den Klimawandel – notwendig, dass alle Akteurinnen und Interessensvertreter der Wertschöpfungskette Forst-Holz zusammenarbeiten.



Quellenverzeichnis

- [1] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2013). LWF Wissen 71: Verfahren der Rundholzlagerung. online unter: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w71_rundholzlagerung_gesamtheft_bf.pdf
- [2] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2017). LWF Wissen 80: Beiträge zur Fichte. online unter: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/lwf_wissen_80_gesamt_nbf.pdf
- [3] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2020). LWF Merkblatt 14: Buchdrucker und Kupferstecher an Fichte. online unter: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/waldschutz/dateien/mb14_borkenkaefer_bf.pdf
- [4] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2023). LWF Merkblatt 50: Technische Borkenkäferbekämpfung. online unter: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/mb50_tech.möglichkeitenborkenkaefer_beh._2023_rz_web_bf.pdf
- [5] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (ohne Datum). Borkenkäferinfoportal. Von Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. online unter: <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/065609/index.php>, zuletzt aufgerufen am 20.08.2024.
- [6] Bayerische Staatsforsten (2009). Richtlinie „Bewirtschaftung von Fichten- und Fichtenmischbeständen im Bayerischen Staatswald“. online unter: https://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/04-wald_verstehen/Publikationen/Fichtenrichtlinie.pdf
- [7] Bayerische Staatsforsten (2020). Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten - Richtlinie zur Baumartenwahl. online unter: https://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/04-wald_verstehen/Publikationen/Waldbauhandbuch_neu/Bayerische_Staatsforsten_Richtlinie_Baumartenwahl.pdf
- [8] Butin, H. (2019). Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 2. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- [9] Deutscher Forstwirtschaftsrat (2021). Abschätzung der ökonomischen Schäden der Extremwetterereignisse der Jahre 2018-2020 in der Forstwirtschaft. Berlin. online unter: <https://dfwr.de/wp-content/uploads/2022/01/DFWR-Position-Schaden-Fowi-Langfassung-Studie.pdf>
- [10] DIN 4074-1:2008-12, Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelschnittholz.
- [11] DIN EN 14081-1:2016-06, Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN14081-1:2016.
- [12] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2022). Borkenkäfer an Nadelbäumen. online unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2022/Mediathek/1136_Borkenkaefer_web_2022_bf_final.pdf
- [13] Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (2024). Borkenkäfermanagement an Fichte - Vorbeugen. Erkennen. Eindämmen. online unter: https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2024_Borkenkaeferflyer.pdf
- [14] Friedl, K. (2004). Bläue an Fichtenrundholz - Schadensquantifizierung und Auswirkung auf die Lagerungsdauer. online unter: https://www.formec.org/images/proceedings/2004/PA_Friedl.pdf
- [15] Hlásny, T., & Haas, J. (2024). Zum Umgang mit Borkenkäferkalamitäten im 21. Jahrhundert. Grundsatzpapier. online unter: <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2024/01/Grundsatzpapier-Zum-Umgang-mit-Borkenkaferkalamitaten-im-21.-Jahrhundert-v3.pdf>
- [16] Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M., Virii, H. (2019). Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute.
- [17] Hýsek, Š., Löwe, R., & Turčáni, M. (2021). What Happens to Wood after a Tree Is Attacked by a Bark Beetle? Forests, 12(9), 1163. <https://doi.org/10.3390/f12091163>
- [18] Marini, L., Økland, B., Jönsson, A. M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J.-C., Hurling, R., Nageleisen, L. M., Netherer, S., Ravn, H. P., Weed, A., Schroeder, M. (2017). Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography*, 40(12), 1426-1435. <https://doi.org/10.1111/ecog.02769>
- [19] Schebeck, M., Schopf, A., Ragland, G. J., Stauffer, C., Biedermann, P. H. W. (2023). Evolutionary ecology of the bark beetles *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*. *Bulletin of Entomological Research*, 113(1), 1-10. <https://doi.org/10.1017/S0007485321000353>
- [20] Triebenbacher, C., Bork, K., Burgdorf, N., Landgrebe, J., Lemme, H., Lobinger, G., Straßer, L., Hahn, A. (2024). Waldschutzsituation 2023 in Bayern. *AFZ DerWALD*, 9/2024, 21-25.