

Forstschutz Aktuell

Nr. 69-2024

Unter
Mitwirkung
der

LWF



Institut für
Waldschutz

BFW BUNDES
FORSCHUNGS
ZENTRUM
FÜR WALD

Inhalt

Erstfund von *Pachyrhinus lethierryi*
(Desbrochers des Loges, 1875) für Österreich
(Coleoptera, Curculionidae, Entiminae)
und Ausbreitung in Europa

WERNER HINTERSTOISSER -----

4

Endophytische Verbreitung von
Cryptostroma corticale, dem Erreger der
Rußrindenkrankheit, in Bayern

ENNO MAGER, NICOLE BURGDORF,

LUDWIG STRASSER, ANDREAS HAHN -----

14

Ritzen der Rinde von Fichtenstämmen
als Werkzeug im integrierten
Borkenkäfermanagement

JÜRGEN PUSCHACHER, GOTTFRIED STEYRER,

JOHANN KAMMLEITNER, GERNOT HOCH -----

22

Motormanuelles Rindenritzen
gegen Borkenkäfer –
Praxisversuche zu Zeitbedarf
und Treibstoffverbrauch

MAXIMILIAN BACHINGER, JOHANN KAMMLEITNER,

CHRISTIAN KANZIAN -----

29

Impressum

IP-ISSN 1815-5103

E-ISSN 1815-5111

Die Abkürzung BFW und der Kurzname „Bundesforschungszentrum für Wald“ werden stellvertretend für den Langnamen „Bundesforschungszentrum und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft“ verwendet. Nachdruck mit Quellenangabe gestattet. Die Urheberrechte von namentlich nicht gekennzeichneten Fotos und Grafiken liegen beim Erstautor.

PRESSERECHTLICH FÜR DEN

INHALT VERANTWORTLICH:

DI Dr. Peter Mayer

Bundesforschungs- und

Ausbildungszentrum

für Wald, Naturgefahren

und Landschaft

Seckendorff-Gudent-Weg 8

1131 Wien, Österreich

Tel. +43-1-87838 0

REDAKTION:

DI Gottfried Steyrer, Priv.

Doz. DI Dr. Gernot Hoch,

DI Christian Lackner

LAYOUT:

Gerald Schnabel

BEZUGSQUELLE:

Bibliothek des BFW

Tel. +43-1-87838 1216

E-Mail: bibliothek@bfw.gv.at

<http://bfw.ac.at/webshop>

Preis: 6,— Euro

Erstfund von *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers des Loges, 1875) für Österreich (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae) und Ausbreitung in Europa

WERNER HINTERSTOISSER¹ 

¹ BFW - Bundesforschungszentrum für Wald, Institut für Waldschutz, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich
 Werner Hinterstoisser: werner.hinterstoisser@bfw.gv.at

Forstschutz Aktuell 69 (2024): 4 - 13

KURZFASSUNG

Der Rüsselkäfer *Pachyrhinus lethierryi* ist ursprünglich aus Südfrankreich, Korsika und Sizilien bekannt. Seit den 1990er-Jahren wurden Erstfunde von *Pachyrhinus lethierryi* aus zwölf Staaten in Europa gemeldet. Dazu gesellten sich viele Einzel-funde, die eine Etablierung von Populationen in zunehmend nördlicheren Teilen Europas bis Luxemburg und Belgien be-stätigten. Aus weiteren elf, teilweise außereuropäischen Län-dern liegen frühe Fundinformationen aus der Onlinedaten-bank GBIF vor. Die östlichsten Funde wurden von der Krim, die südlichsten aus Malta, Griechenland und der Türkei im Süd-osten sowie Spanien im Südwesten gemeldet. Großbritannien bildet die neue nordwestliche Arealgrenze.

Hier wird neben acht Funden aus Österreich zwischen 2018 und 2022, aus einer Onlinedatenbank und einer Privat-sammlung, über den Erstfund für Österreich im Jahr 2016 be-richtet. Ein Zusammenhang mit dem Verbringen von Wirts-pflanzenarten im EU-Raum kann als wichtiger Faktor zur flächigen Ausbreitung in kurzer Zeit gesehen werden. Für die Erstbestimmungen wurden in der rezenten Literatur weitere Arten als Verwechslungsmöglichkeiten genannt, die sich nicht nur durch ihre Wirtspflanzen, sondern auch durch morpho-logische Merkmale von *P. lethierryi* unterscheiden. Ein Über-blick über die häufig in der Literatur genannten Verwechslungsmöglichkeiten wird gegeben.

SCHLÜSSELWORTE

Scythropus lethierryi, *Pachyrhinus lethierryi*, Gebietserweite-rung, Klimawandel, Zierpflanzen, Cupressaceae

ABSTRACT

First record of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers des Loges, 1875) for Austria and dispersal in Europe

The weevil *Pachyrhinus lethierryi* is originally known from southern France, Corsica and Sicily. Since the 1990s, first re-cords of *Pachyrhinus lethierryi* have been reported from twelve countries in Europe. In addition, many individual finds have been made, confirming the establishment of populations in in-creasingly northern parts of Europe up to Luxembourg and Belgium. From a further eleven countries, early findings are reported from a well-founded online database. The eastern-most records so far have been reported from Crimea, the southernmost from Malta, Greece and Turkey in the south-east, Spain in the south-west and Great Britain as the new north-western range limit of this species. For Austria, in ad-dition to the eight records between 2018 and 2022 from a pri-vate collection and an online database, the earliest known specimen from 2016 is mentioned here as the first record for Austria. A connection with the movement of plants for plan-ting of the host species in the EU area is likely an important factor for the widespread in a short time.

For the initial determinations, further species were mentio-ned in the recent literature as possible confusions. These are not only very different from *P. lethierryi* by their host plants, but also in terms of morphological characteristics. Differen-ces are shortly given.

KEYWORDS

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

In Zeiten des Klimawandels wird viel über Gewinner und Verlierer dieser Entwicklung gesprochen. Ein Gewinner dieser Veränderungen ist der Grüne Zypressenrüssler, welcher ursprünglich im Süden Frankreichs, in Korsika und Sizilien in seiner Nominatform *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers des Loges, 1875) (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae, Polydrusini) beheimatet ist (Hoffmann 1950). Auf Sardinien wird bei Löbl und Smetana (2013) die Subspezies *P. l. lostiai* (Desbrochers des Loges, 1903) als dort endemisch genannt. Sie ist anhand der kupferfarbenen Beschuppung von Caput (Kopf) und Thorax (Leib) zu erkennen (Heijerman 2008). Zusätzlich gibt es nach Hoffmann (1950) eine farblich differenzierte, weitere Form *P. l. lateralis*, bei der die kupferfarbene Beschuppung an den Seiten weiter nach oben gezogen ist. Alle genannten Färbungen wurden bei Heijerman (2008) für die Niederlande festgestellt. Im Cooperative Catalogue of Palearctic Coleoptera Curculionoidae (Alonso-Zarazaga 2017) hat sich die Verbreitungsangabe für *P. l. lostiai* nicht verändert, in der im Februar 2023 online erschienenen zweiten Ausgabe wird die Unterart *P. lostiai* als

Synonym von *P. lethierryi* geführt (Alonso-Zarazaga 2023). Eine genetische Trennung der Unterarten ist dem Autor nicht bekannt und stellt die einstige Trennung in Frage. Aus diesem Grund werden in der Verbreitungskarte neuere vorliegende Funde für Sardinien ab 2022 angegeben (Abbildung 1). Da die nun synonym geführten Unterarten lediglich an der Farbe ihrer Beschuppung unterschieden wurden, ist es nicht immer sicher, ob alle Funde der letzten Jahre durchgehend korrekt zugeordnet wurden.

Die Gattung *Pachyrhinus* ist in älteren Publikationen mit dem Synonym *Scythropus* Schönherr, 1826 bezeichnet. Diese Bezeichnung wird in der jüngeren Literatur lediglich erwähnt.

Pachyrhinus lethierryi konnte sein Areal wesentlich erweitern und sich in weiten Teilen Europas etablieren. Wesentliche Faktoren für die Ausbreitung dürften die klimatischen Veränderungen und der Handel mit Ziergehölzen sein. Weiters findet die Art nahezu in allen Siedlungsbereichen Europas die entsprechenden Wirtsarten in ausreichender Menge vor (Gosik et al. 2010).

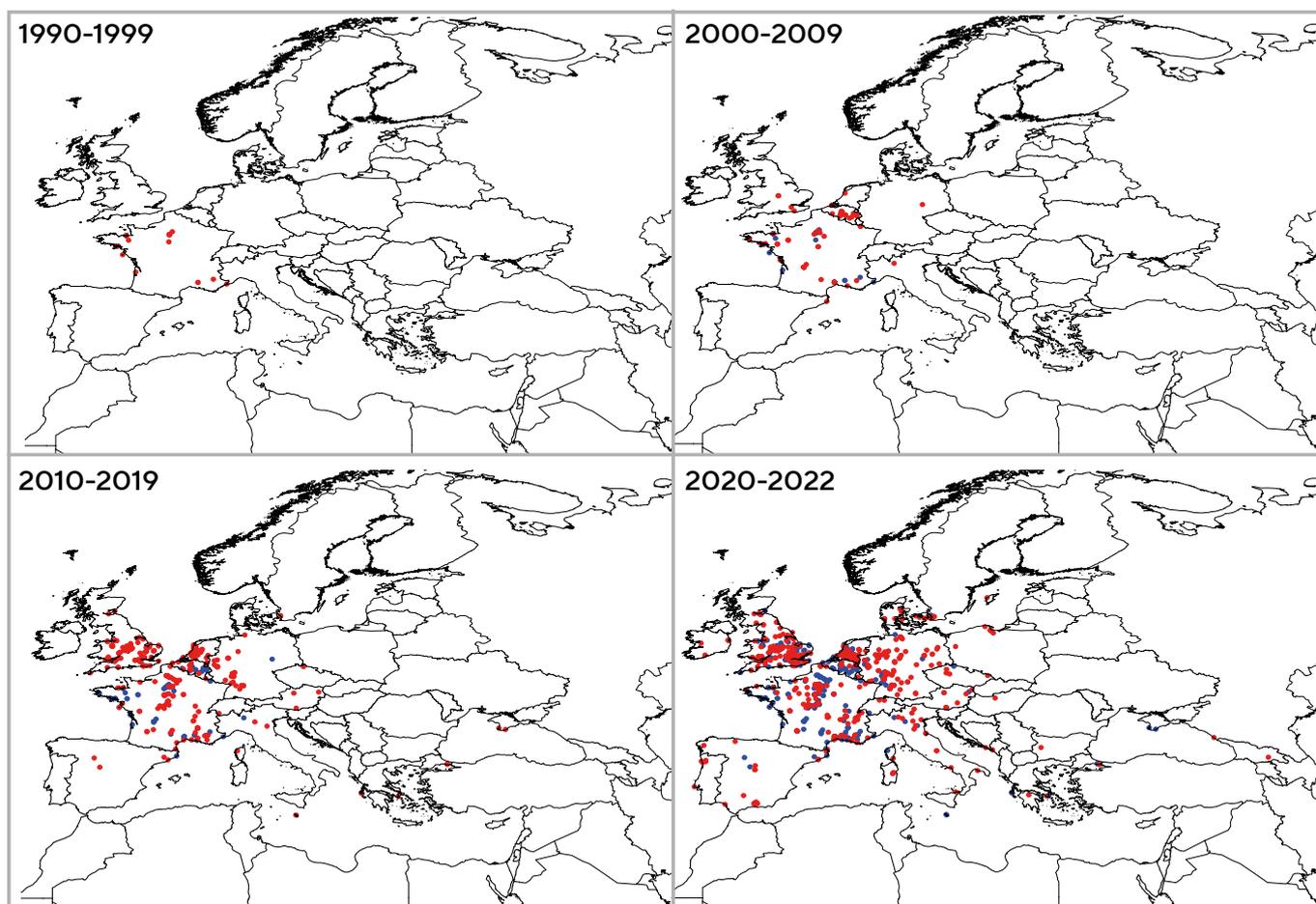


ABBILDUNG 1: Verbreitungskarte mit Fundstellen von *Pachyrhinus lethierryi* aus der Literatur, der Datenbank GBIF (2023) sowie BOLD (2023) und der Sammlung A. Link und des Autors (blau: Funde vor der jeweiligen Zeitperiode, rot: Funde in der Zeitperiode; Basiskarte EuroGeographics, 2020, in QGIS).

FIGURE 1: Distribution map with sites of *Pachyrhinus lethierryi* found in literature, GBIF (2023) and BOLD (2023) database and the private collection of A. Link and the author (blue: findings before time period given, red: findings in the time period given; Map EuroGeographics, 2020, in QGIS).

Pachyrhinus l. lethierryi in Österreich

Das vermutlich erste Exemplar von *P. lethierryi* wurde am 29. März 2016 nachmittags in Kärnten, Limmersdorf, Doderergasse 16 (Geografische Breite: 46.630075, geografische Länge: 14.385181, WGS 84, EPSG-Code 4326) an einer gelben Hauswand gefunden (Werner Hinterstoisser leg.; det. W.H. November 2022). Entsprechend den bis vor kurzem gültigen Kriterien der Unterarttrennung wäre das Exemplar aufgrund seiner durchgehend grünen Beschuppung *P. l. lethierryi* zuzuordnen. Zum aktuellen Zeitpunkt befindet sich das Exemplar in der privaten entomologischen Sammlung des Autors.

Das Exemplar wurde in einer für die Jahreszeit sehr warmen Zeitperiode an einem frühlingshaften Tag gefangen. Die Temperaturen bewegten sich in diesen Tagen zwischen 14 und 17 °C Tageshöchstwerten (eigene Messung des Autors). Das Monatsmittel für den März 2016 lag am nahe gelegenen Flughafen Klagenfurt bei 5,3 °C mit einer Abweichung von +1,2 °C über dem Mittelwert von 1981 bis 2010 (Stefan 2017). Im umliegenden Garten und in den Nachbargärten fanden sich zum Fangzeitpunkt lediglich einige seit vielen Jahren hier wachsende *Thuja occidentalis* (Abendländischer Lebensbaum) und *Chamaecyparis lawsoniana* var. *glauca* (Lawsons Scheinzypresse) sowie ein *Metasequoia glyptostroboides* (Urweltmammutbaum) und drei *Cupressus sempervirens* var. *pyramidalis* (Säulenzypresse). Weiters wurde 2015 ein *Juniperus squamata* (Beschuppter Wacholder) als Bonsai, welcher ebenfalls als potentieller Wirtsbaum in Frage kommt, gepflanzt. Weitere Cupressaceen finden sich im umgebenden Siedlungsbereich.

Aus Österreich sind weitere sechs Exemplare bei der Suche nach Informationen in der Datenbank des GBIF zu finden: ein Exemplar im Mai 2018 aus Wien Aspern, ein Exemplar im Mai 2020 aus Niederösterreich, Bezirk Gänserndorf, Ebenthal, je ein Exemplar im Juni 2021 aus Niederösterreich, Baden bei Wien, und der Steiermark, Graz, und zwei Exemplare im Mai 2022 aus St. Georgener Straße in Klagenfurt, Kärnten (GBIF 2023).

Daten zu weiteren zwei Sammlungsexemplaren wurden dankenswerterweise von Andreas Link aus Oberösterreich aus den Jahren 2018 und 2022 (beide im Mai) zur Verfügung gestellt. Eine Literaturrecherche zu weiteren Funden in Österreich wurde mittels einer Internetrecherche auf der Webseite Researchgate und der Suchmaschine Google Scholar im Zeitraum vom 22.12.2022 bis 09.01.2023 durchgeführt. Neben den gefundenen Publikationen wurden auch die Literaturzitate in diesen Publikationen überprüft und, wenn relevant, übernommen.

Biologie

Am Beginn der einjährigen Entwicklung legen Weibchen von *P. lethierryi* in der Vegetationsperiode Eipakete mit ca. 15 bis maximal 40 Eiern. Unter den Wirtspflanzen erfolgt die Eiablage im Bereich der Bodenstreu und des mineralischen Oberbodens. Die Larven leben im Boden und fressen außen an den Wurzeln (ektophag) von Cupressaceen (*Cupressus*, *Chamaecyparis*, *Thuja*, *Juniperus*). Die Überwinterung erfolgt ebenfalls im Boden als Larve. Vor der Verpuppung fressen die Larven nur noch kurz und wenig an den Wurzeln. Im zeitigen

Frühjahr, üblicherweise ab Mitte April, schlüpfen die Jungkäfer. In wärmebegünstigten Arealen und südlich der Alpen schlüpfen die Käfer bereits im März (Gosik et al. 2010). Der hier beschriebene Fund stammt vom 29. März, jene Tiere für die Erstnennung auf Malta stammen aus dem Zeitraum zwischen 8. März und 24. April (Mifsud et al. 2018). Adulte Exemplare können noch im Oktober auf den Wirtspflanzen gefunden werden (Rheinheimer und Hassler 2010). Weiter im Norden Europas dürfte die Lebensdauer der adulten Tiere kürzer sein. Beispielsweise weisen Daten zwischen 2000 und 2013 aus Belgien Funde zwischen April und August nach, wobei die meisten Exemplare von Mai bis Juli beobachtet wurden (Delbol et al. 2013).

Als Wirtspflanzen sind *Cupressus sempervirens* L. (bei Hoffmann 1950 als *C. fastigiatus* D.C. angegeben), *Juniperus oxycedrus* L. und *Juniperus phoenicea* L. für die adulten Tiere bekannt (Hoffmann 1950), zusätzlich konnte *Thuja occidentalis* L. als Fraßpflanze nachgewiesen werden (Germann et al. 2005). Barclay und Morris (2011) beobachten, dass die Tiere häufig auf frisch ausgetriebenen Trieben und nicht an jenen, die bereits Fruchtstände tragen, zu finden sind.

Es ist zu bemerken, dass bisher keinerlei Schädwirkung durch den Fraß der Larven oder der adulten Tiere von *P. lethierryi* dokumentiert wurde, obgleich teils dutzende Tiere von den Pflanzen geklopft werden konnten. Es ist demnach davon auszugehen, dass die Tiere nicht schädlich an ihren bisher bestätigten Wirtspflanzen (Tabelle 1) auftreten.

Verwechslungsmöglichkeiten

Häufig wurden die ersten Exemplare einer Region per Zufall auf Gebäuden oder Gegenständen sitzend gefunden, explizit nicht auf ihren Futterpflanzen. Dies bietet Möglichkeiten zur Verwechslung mit augenscheinlich ähnlichen Arten. Ist die Fraßpflanze bekannt, wenn zum Beispiel die Tiere durch Klopfen gesammelt werden, kann eine Verwechslung nahezu ausgeschlossen werden. Weiters ist eine Vielzahl an Rüsselkäferarten unterschiedlicher Gattungen glänzend grün beschuppt, wodurch es bei flüchtiger Betrachtung zu einem Übersehen einer standortsfremden Art führen kann. Es wäre aus genannten Gründen nicht verwunderlich, wenn *P. lethierryi* oft unerkannt geblieben ist und tatsächlich häufiger und verbreiteter vorkommt, als bisher bekannt. Einige Rüsselkäferarten wurden in der Literatur als Verwechslungsmöglichkeiten angeführt. Der folgende Vergleich umfasst in der Literatur genannte und dem Autor zugängliche Arten.

Im Vergleich mit der in Europa weit verbreiteten Art *P. squamulosus* (Syn. *P. mustela* Herbst 1797) ist ein Unterschied auffallend und rasch zu erkennen. Die einheitlich grüne Beschuppung der Flügeldecken von *P. lethierryi* (Abbildung 2a) und die ins bräunlich-graue gehende, gefleckte Beschuppung der Flügeldecken mit einem hellen Nahtbereich und hellen Schuppen bei den Seitenrändern sowie an der Seite des Abdomens und Thorax von *P. squamulosus* lassen die beiden Arten auffällig unterschiedlich aussehen. Im direkten Vergleich erscheint *P. squamulosus* (Abbildung 2b) größer als

P. lethierryi (Rheinheimer 2003).

Eine weitere Möglichkeit zur Verwechslung mit *Dichorhynchus korbi* (Schilsky 1911) wird von Çerçi (2016) genannt. Es sei dabei erwähnt, dass es mehrere Arten aus dieser Gattung gibt. *D. creticus* kann durch die Ähnlichkeit zu *D. korbi* ebenfalls mit *P. lethierryi* verwechselt werden, zumal sie als adulte Tiere dieselbe Fraßpflanze, *Cupressus sempervirens*, haben und im selben Zeitraum (April) gefunden werden können. Neben diesen Angaben ist in der Publikation von Germann (2013b) auch ein Schlüssel zu den Arten der Gattung *Dichorhynchus* zu finden. Bei Kovalenko et al. (2018) ist ein kurzer Schlüssel über die Trennung zur Gattung *Dichorhynchus* (Desbrochers des Loges, 1875) und der Art *Rhinoscythrops vespertilio* (Faust, 1884) neben *P. squamulosus* enthalten.

Des Weiteren sehen Rheinheimer (2003) sowie Barclay und Morris (2011) die Möglichkeit einer Verwechslung mit *Polydrusus pterygomalis* (Boheman, 1840) (Abbildung 2c)

beim ersten schnellen Blick. Letztere halten aber im selben Zuge fest, dass die Art an Laubholz, bevorzugt an Rotbuche (*Fagus sylvatica*), vorkommt. Zur Trennung der Gattungen *Polydrusus* und *Pachyrhinus* kann festgehalten werden, dass der Rüssel von *Pachyrhinus* spp. kürzer ist als breit und am Vorderende eine geglättete Platte, teils mit wenigen Schuppen besetzt (Abbildung 3a), aufweist, welche bei *P. lethierryi* durch eine Querleiste (Querdepression in Rheinheimer, 2003) vom beschuppten Rüssel getrennt ist. Im Gegensatz dazu ist der Rüssel von *Polydrusus* spp. meist etwa so breit wie lang und ohne abgegrenzte geglättete Fläche (Abbildung 3b). Zu dieser mehrfach als Verwechslungsträchtig genannten Gattung kann nachfolgender Bildvergleich des Exemplars von *P. lethierryi* und eines *P. pterygomalis* gegeben werden (Abbildung 4a-d). In der dorsoventralen Ansicht (Abbildung 4a) sind die farbig beschuppten Femura und Tibien (Ober- und Unterschenkel) von *P. lethierryi* im Vergleich

TABELLE 1: Übersicht der in der jeweils angegebenen Literatur bestätigten Wirtspflanzen von adulten *P. lethierryi*.

TABLE 1: Summary of the confirmed host plants of adult *P. lethierryi* found in the respective literature indicated.

Familie	Unterfamilie	Gattung	Art	Deutscher Name	Publikation und Anmerkung
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Chamaecyparis</i>	<i>lawsoniana</i>	Lawsons Scheinzypresse	Barclay und Morris 2011 Gosik et al. 2010 an 'Columnaris', 'Ivonne' und 'Stardust' Lillig 2018 an 'Columnaris Glauca'
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Cupressus</i>	<i>sempervirens</i>	Mittelmeer-Zypresse	Hoffmann 1950 Bei Hoffmann 1950 als <i>C. fastigiatus</i> D.C.
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Cuprocyparis</i>	<i>leylandii</i>	Leyland-Zypresse, Hybrid	Barclay und Morris 2011
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	<i>chinensis</i>	Chinesischer Wacholder	Delbol 2008 Gosik et al. 2010 Hybride wie <i>J. c. pfitzeriana</i>
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	<i>oxycedrus</i>	Stech-Wacholder	Hoffmann 1950
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	<i>phoenicea</i>	Phönizischer Wacholder	Hoffmann 1950
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	cf. <i>sabina</i>	Sadebaum	Gosik et al. 2010 Bestimmung unsicher 'tamaricifolia'
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	<i>scopulorum</i>	Blauer Zypressenwacholder	Gosik et al. 2010 'Blue Arrow'
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Juniperus</i>	<i>virginiana</i>	Virginischer Wacholder	Gosik et al. 2010 'Burkii' und 'Hetzii'
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Thuja</i>	<i>occidentalis</i>	Abendländischer Lebensbaum	Germann et al. 2005, Kovalenko et al. 2018 Gosik et al. 2010 an 'Brabant', 'Smaragd' und 'Sunkist'
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Thuja</i>	<i>plicata</i>	Riesenlebensbaum	Gosik et al. 2010 Delbol et al. 2013
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Thujopsis</i>	<i>dolabrata</i>	Hiba-Lebensbaum	Gosik et al. 2010
Cupressaceae	Cupressoideae	<i>Xanthocyparis</i>	<i>nootkatensis</i>	Nootka Scheinzypresse	Gosik et al. 2010 'Pendula'
Pinaceae		<i>Pinus</i>	sp.	Kiefer	Delbol et al. 2013 Angabe unsicher

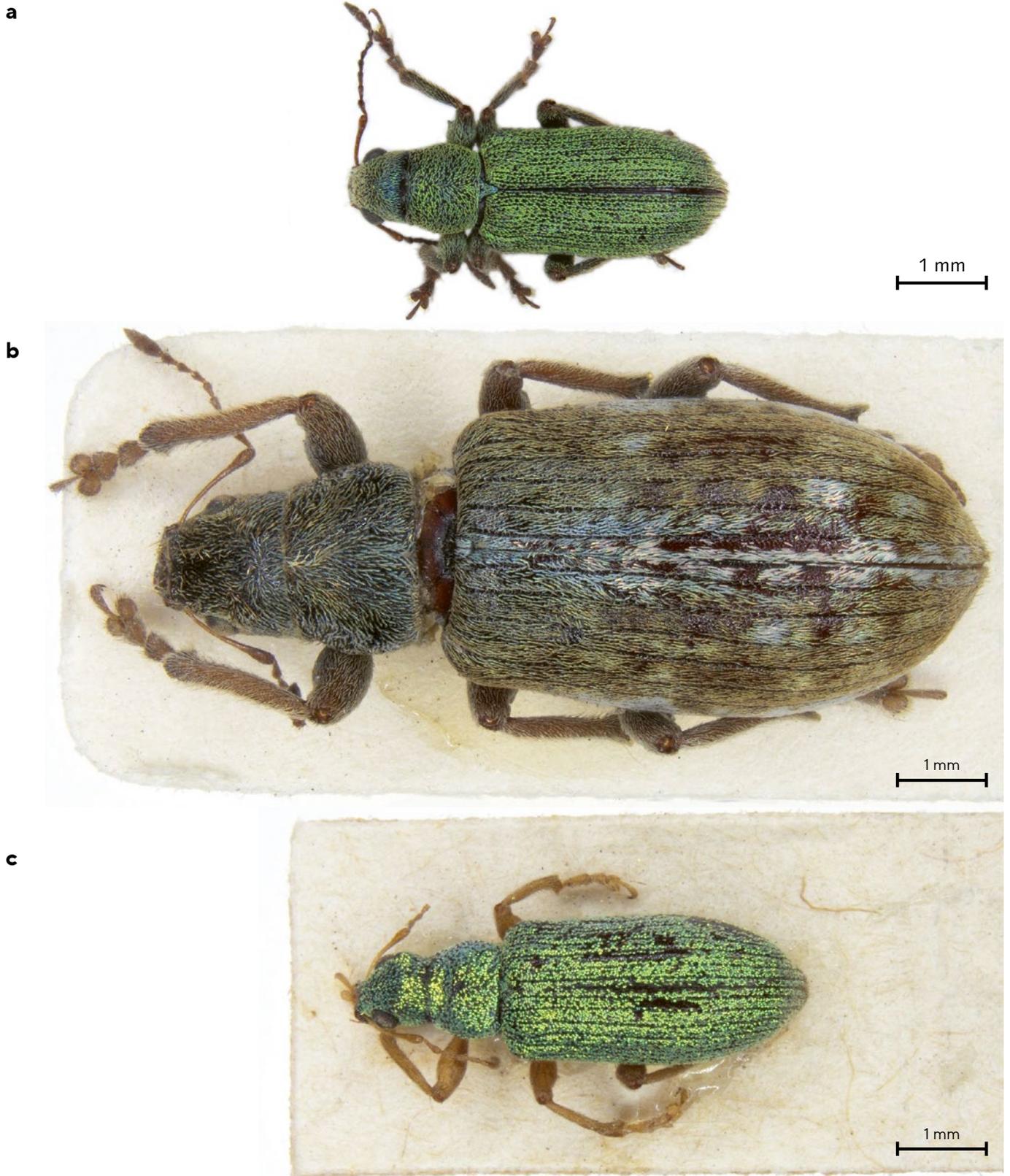


ABBILDUNG 2: Dorsalsicht von a) *Pachyrhinus lethierryi* vom 29. März 2016 nachmittags aus Österreich, Kärnten, Limmersdorf, b) *Pachyrhinus squamulosus*, c) *Polydrusus pterygomalis* aus Österreich, Niederösterreich, Gainfarn, F. Tinter. leg., det. A. Kofler, (Makroaufnahmen Nikon SMZ18 mit Nikon DS-Fi3 und NIS-Elements D 5.30.05).

FIGURE 2: Dorsal view of a) *Pachyrhinus lethierryi* March, 29th 2016 pm. Austria, Carinthia, Limmersdorf, b) *Pachyrhinus squamulosus*, c) *Polydrusus pterygomalis* Austria, Niederösterreich, Gainfarn, F. Tinter. leg., det. A. Kofler, (Macros taken with Nikon SMZ18, Nikon DS-Fi3 and NIS-Elements D 5.30.05).

zu den wenig bis nicht beschuppten Femura und Tibien von *P. pterygomalis* sowie die deutlich abstehende dunkle Behaarung der Elytren (Deckflügel) von *P. lethierryi* zu erkennen. Ein weiterer deutlicher Unterschied lässt sich bei den Elytren erkennen: Im Vergleich zu *P. pterygomalis* erscheinen die Punktstreifen bei *P. lethierryi* weniger deutlich (Abbildung 4b). Besonders auffällig für eine einfache Trennung sind die höckerartigen Wölbungen auf den Stirnseiten über den Augen von *P. pterygomalis* (Abbildung 4c und 4d). Ebenfalls gut zu erkennen sind die dunklen, abstehenden Haarreihen in den Zwischenräumen der Punktstreifen (und keine Haare in den Punktstreifen) von *P. lethierryi* im Vergleich zu den hellen Haarreihen (anliegend in den Punktstreifen und abstehend in den Zwischenräumen) von *P. pterygomalis*, wodurch sich gegen den Hintergrund eine glatte Silhouette abhebt. Eine Depression im vorderen Drittel der Elytren ist bei *P. lethierryi* wesentlich deutlicher ausgeprägt als bei *P. pterygomalis* (Abbildung 4c). Des Weiteren ist eine Unterscheidung der beiden Arten anhand des Pronotums (Halsschild) der Käfer möglich, wobei auf die Form und die Einschnürung am Vorderrand zu achten ist (Abbildung 4d).

Verbreitung

In Europa kommen acht Arten der Gattung *Pachyrhinus* (Schönherr, 1823) vor, die meisten davon in Spanien, wenige in Portugal und Italien. In großen Teilen Mitteleuropas sind derzeit *P. squamulosus* (Herbst, 1795) und *P. lethierryi* (Desbrochers des Loges, 1875) weit verbreitet. Für Frankreich wird *P. squamosus* (Kiesenwetter, 1852) zusätzlich gemeldet (Alonso-Zarazaga 2017).

Ausgehend von der ursprünglichen Heimat von *P. lethierryi* im westlichen Mittelmeerraum erwähnen Germann et al. (2005) eine Ausbreitung der Art Richtung Norden, zuerst in Frankreich in den 1960er und 1980er Jahren. Ab dem Erstfund

für Deutschland in Mönchengladbach-Neuwerk im Rheinland im Herbst 2001 (Rheinheimer 2003) mehren sich die Fundangaben in Deutschland. In den meisten Publikationen über Erstfunde in Ländern Europas und Kleinasien wird die weitere Ausbreitung beschrieben, wie zum Beispiel in Delbol (2008), Çerçi (2016) und Kovalenko et al. (2018). In Tabelle 2 wird ein Überblick über die frühesten Vorkommen von *P. lethierryi* im europäischen Raum geben.

Die bis Juni 2005 gemeldeten Käfer kommen nach Böhm (2005) in planarer (<200 m) und kolliner (200–500 m) Höhenstufe baumbewohnend und überall sehr selten vor. Die Seltenheit der Art wird jedoch bereits in der Regionalfaunistik Baden-Württembergs angezweifelt (Rheinheimer und Hassler 2010).

In der Literatur sind eine Menge Verbreitungsdaten und Informationen zu finden, jedoch nicht immer in gleicher Qualität vorliegend. So ist die Angabe eines Fundes für Österreich als persönliche Mitteilung durch A. Link bei Benedikt et al. (2018) lediglich ohne genauere Angaben erwähnt. Dieser wurde jedoch neben weiteren Funden aus Österreich und Europa mit persönlicher Mitteilung von A. Link (2023) für den 20.05.2018 in Oberösterreich präzisiert und in der Verbreitungskarte gezeigt. Weiters sind, wie eingangs erwähnt, sechs Exemplare in der Datenbank bei Global Biodiversity Information Facility (GBIF) für Österreich dokumentiert und zwei weitere Exemplare von A. Link.

Der aufgezeigte Erfolg für die schnelle Ausbreitung von *P. lethierryi* beruht einerseits auf den für einige mediterrane Arten günstigeren klimatischen Bedingungen in den vergangenen Jahren (vgl.: Germann et al 2008), andererseits auf der Tatsache, dass es sich um Funde an nicht autochthonen Zierpflanzen in Gärten, Parks und anderen urbanen Arealen handelt (vgl. Rheinheimer 2003, Germann et al. 2005, Cerci 2016, Lillig 2016, Kovalenko et al. 2018). In Kovalenko et al. (2018) wird auch eine rasante Ausbreitung über Europa angeführt

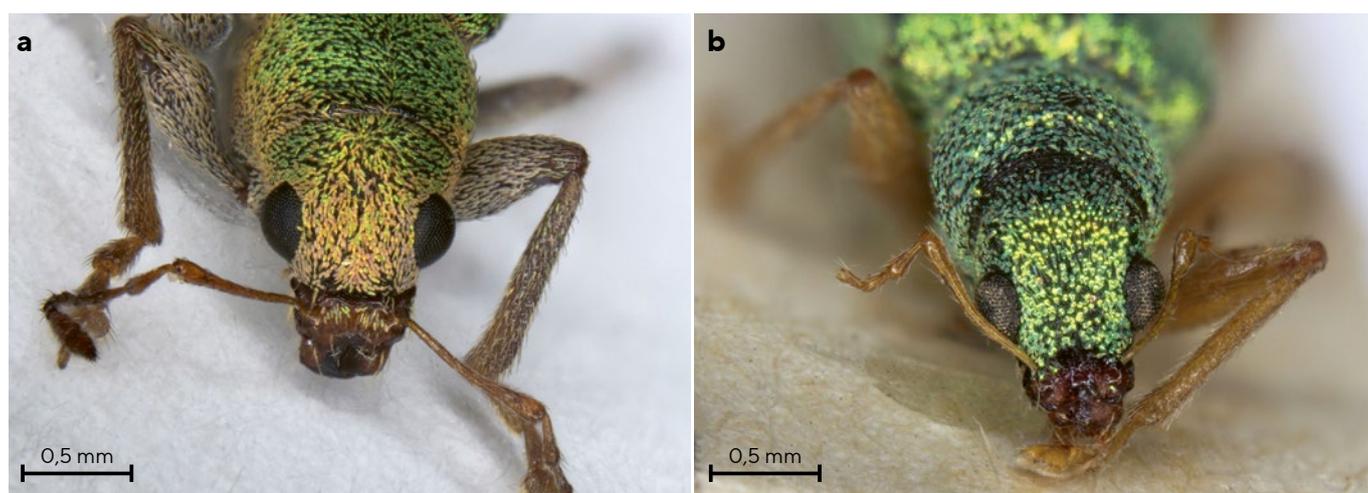


ABBILDUNG 3: a) *Pachyrhinus lethierryi*, Rüssel frontal, Italien, Lombardei, Verderio (LC), 09.05.2021, R. Panzeri leg. und det., und b) *Polydrusus pterygomalis*, Rüssel frontal, Österreich, Niederösterreich, Gainfarn, 1950er, F. Tinter. leg., det. A. Kofler.

FIGURE 3: a) *Pachyrhinus lethierryi*, Rhynchus frontal, Italy, Lombardia, Verderio (LC), 09.05.2021, R. Panzeri leg. and det. and b) *Polydrusus pterygomalis*, Rhynchus frontal, Austria, Niederösterreich, Gainfarn, 1950er, F. Tinter. leg., det. A. Kofler.

Pachyrhinus lethierryi

Polydrusus pterygomalis

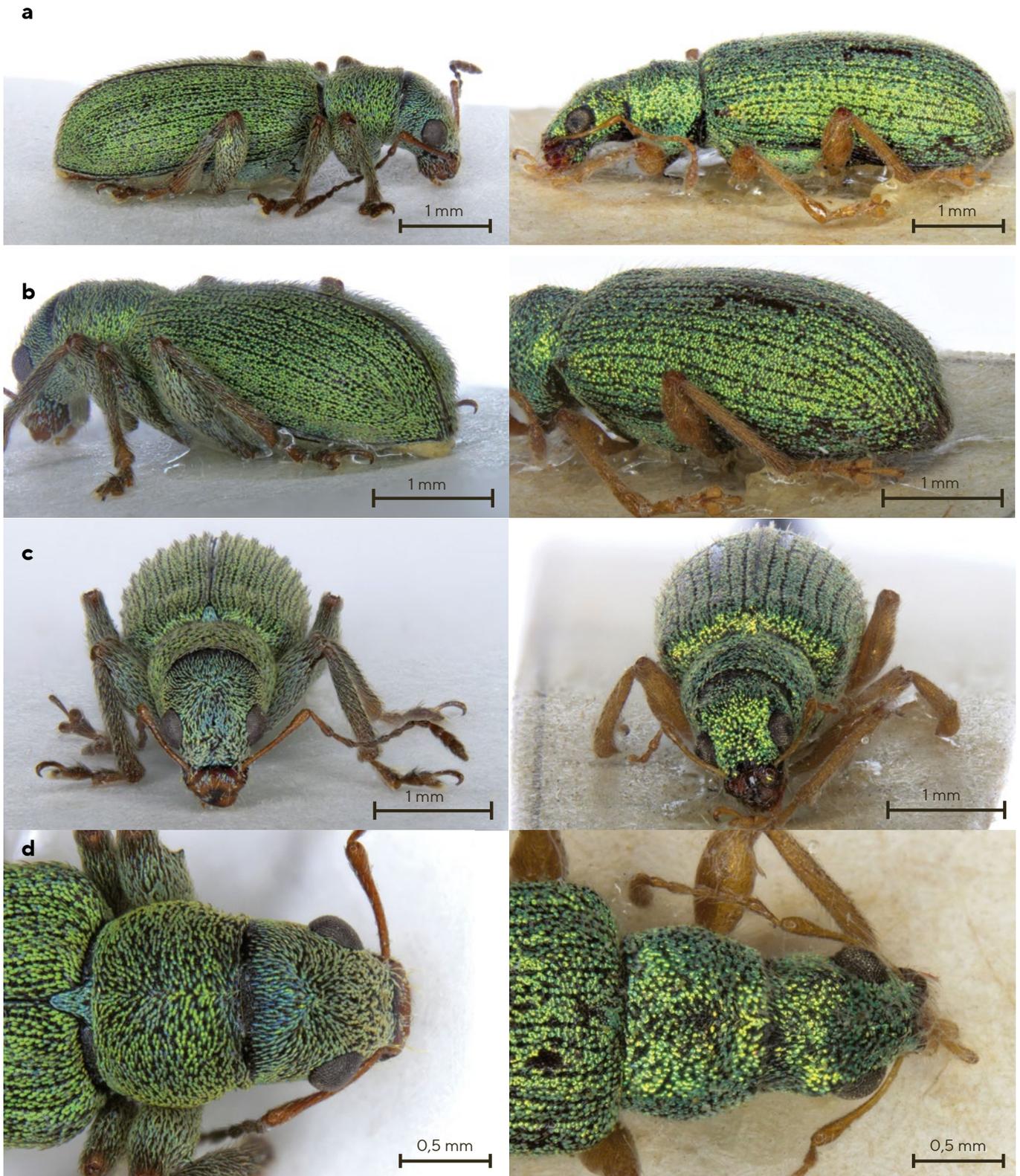


ABBILDUNG 4: Morphologische Unterschiede zwischen *Pachyrhinus lethierryi* (links) und *Polydrusus pterygomalis* (rechts): a) dorsoventral, b) Apikalabsturz der Elytren, c) frontal, d) Pronotum und Caput.

FIGURE 4: Morphological differences of *Pachyrhinus lethierryi* (left) and *Polydrusus pterygomalis* (right), a) dorsoventral, b) apical end of elytra, c) frontal, d) pronotum and caput.

(vgl. Tabelle 2). Dies geschieht primär über den Handel und das Verbringen von Wirtspflanzen mit Erdballen (Rheinheimer 2003, Heijerman 2008, Lillig 2016), in denen die Larven leben. Von Einzelpflanzen in Gärten und Parkanlagen ausgehend, ist eine rasche und effiziente Ausbreitung für die als guter Flieger bekannte Art *P. lethierryi* (Rheinheimer 2003) möglich.

Verbreitungspotential über Zierpflanzen

Beim hier beschriebenen Fund aus dem März 2016 in Kärnten dürfte es sich um den frühesten bekannten Fund von *P. lethierryi* in Österreich handeln. Eine Literaturstelle bei Benedikt et al. (2018) und sechs Datenbankeinträge bei GBIF (2023) weisen auf spätere Funde hin. Die Fundgebiete hängen stets mit Siedlungsraum zusammen. Eine Ausbreitung in die nicht urbane Umgebung wurde bislang noch nicht beschrieben, erscheint jedoch künftig möglich. Speziell in sonnenigen Lagen mit Vorkommen von heimischen Cupressaceen in Gartennähe, wie z.B. *Juniperus* sp., kann eine Ausdehnung der Populationen außerhalb von Siedlungen erfolgen (Germann 2005). Bedenkt man die große Bandbreite an nachgewiesenen Wirtspflanzen, kommen viele in Europa heimische Cupressaceen für eine Etablierung von *P. lethierryi* außerhalb des Siedlungsraumes im Zusammenspiel mit seinen Flugeigenschaften in Frage. Der Fund an *Pinus* sp. durch

Klopfen (Delbol 2013) ist bisher ein Einzelfall, vermutlich wurde diese Pflanze ausgehend von einer nahen Cupressacee zufällig ausgesucht. Im Jahr 2008 nennt Delbol *Juniperus chinensis* als in der Literatur angegebene Fraßpflanze für *P. lethierryi*, ohne auf die Literaturquelle einzugehen.

Jenes Exemplar von *P. lethierryi*, dessen Bestimmung diesen Beitrag veranlasste, wurde auf einem Grundstück mit *Chamaecyparis lawsoniana* 'Glaucá' (Blaue Scheinzypresse), *Cupressus sempavirens* (Mittelmeer- oder Säulenzypresse) und *Thuja occidentalis* (Abendländischer Lebensbaum), welche bereits als Wirtspflanzen in der Literatur genannt wurden, gefunden. Zwei weitere potentielle Wirtspflanzen aus der Familie Cupressaceae kommen am Grundstück vor, *Juniperus squamata* (Beschuppter Wacholder) und *Metasequoia glyptostroboides* (Urweltmammutbaum). Letzterer gehört zwar zur Familie Cupressaceae, jedoch zur Unterfamilie Sequoioideae. Bisher konnten keine Fraßtätigkeiten an diesen beiden Arten dokumentiert werden.

Für viele Nachweise ist auffällig, dass es sich um Zufallsfunde handelt. Beispielsweise am Fenster (Barclay und Morris 2011), durch Anflug (Germann et al. 2005, Lillig 2016) oder wie im gegenwärtigen Fall an der gelben Hauswand sitzend. Erst im zweiten Schritt, nach kurzen Recherchen zur Lebensweise, werden die adulten Tiere an den Fraßpflanzen

TABELLE 2: Überblick über die in der Literatur und in Datenbanken aufscheinenden Erstfunde.

TABLE 2: Overview of the first reports appearing in literature and databases.

Jahr	Monat	Staat	Region	Literaturangabe
1990	5	Schweiz	Genf	Germann 2005
2000	4	Belgien	Lüttich	Delbol 2008
2001	9-11	Deutschland	Baden-Württemberg	Rheinheimer 2003
2002	4	Spanien	Catalonia	Germann 2013
2003	4	Großbritannien	Southeast England	Plant et al. 2006
2006	6	Luxembourg	Luxembourg	Plant et al. 2006
2007	4	Niederlande	Zeeland	Heijerman 2008
2013	9	Ukraine	Krim	Kovalenko et al. 2018
2014	3	Malta	Mellieha	Mifsud et al. 2018
2015	4	Türkei	Istanbul	Cerci 2016
2016	3	Österreich	Kärnten	diese Arbeit
2017	4	Griechenland	Kefalonia	Germann 2018
2018	5	Tschechien	Böhmen	Benedikt et al. 2018
2019	5	Schweden	Skåne	GBIF 2023
2020	4	Dänemark	Syddanmark	GBIF 2023
2020	5	Polen	Lubusz	GBIF 2023
2021	6	Bulgarien	Grad Sofiya	GBIF 2023
2021	5	Georgien	Tbilisi	GBIF 2023
2021	4	Irland	Dublin	GBIF 2023
2021	3	Kroatien	Dubrovacko-Neretvanska	GBIF 2023
2021	3	Portugal	Braga	GBIF 2023
2021	5	Ungarn	Pest	GBIF 2023
2022	5	Montenegro	Tivat	GBIF 2023
2022	4	Russland	Krasnodar	GBIF 2023

teilweise in dutzenden Exemplaren gemeldet. Trotzdem verursachte der Fraß keinerlei auffällige Schädigung der Pflanzen, so dass sie Erwähnung fände. Der Fraß der Larven an den Wurzeln sowie der adulten Tier an den Nadeln wurden von Gosik et al. (2010) genau dokumentiert. Aus der Arbeit kann geschlossen werden, dass es sich bei *P. lethierryi* weder im Larven-, noch im Adultstadium um einen Schädling in Gärten und an Zierpflanzen handelt.

Nutznießer durch Klima und Handel

Zur Erklärung der starken Ausbreitung in den vergangenen Jahrzehnten ist die Kombination von Handel mit Ballen- und Topfpflanzen der Wirtsbaumarten und für den Käfer verbesserten klimatischen Bedingungen in ganz Europa im Zuge des Klimawandels relevant. Speziell xerothermophile Arten können davon im urbanen Umfeld profitieren (Germann et al. 2008). Die im Boden lebenden Larven können leicht mit Bal-

len- und Topfpflanzen unbemerkt transportiert werden. Im Zuge immer stärker zusammenhängender Wirtschaftsräume, der Erleichterung des Handels und kostengünstiger Transportmöglichkeiten wurden günstige Voraussetzungen für die Verbringung von Pflanzenmaterial geschaffen.

Alle vorliegenden Meldungen sind im Zusammenhang mit urbanem Gelände gemacht worden. Es handelt sich bei *P. lethierryi* um einen passiv anthropogen verbreiteten Organismus, der sowohl vom Klimawandel als auch vom internationalen Handel profitiert. Der Käfer hat aber keinen Status als Quarantäneschadorganismus. So benötigt man für den EU-Binnenhandel beispielsweise einer Zypresse als Topfpflanze lediglich einen Pflanzenpass als phytosanitäres Dokument innerhalb der EU. Damit sind die Voraussetzungen nach Verordnung EU 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates (EU-Parlament und EU-Rat 2016) und damit in Verbindung stehender Rechtsakte eingehalten.

Literatur

Alonso-Zarazaga, M.A., Barrios, H., Borovec, R., Bouchard, P., Caldara, R., Colonnelli, E., Gültekin, L., Hlaváč, P., Korotyaev, B., Lyal, C.H.C., Machado, A., Meregalli, M., Pierotti, H., Ren, L., Sánchez-Ruiz, M., Sforzi, A., Silfverberg, H., Skuhrovec, J., Trýzna, M., Velázquez de Castro, A.J., Yunakov, N.N., 2017: Cooperative Catalogue of Palearctic Coleoptera Curculionidae. Monografías electrónicas S.E.A., Vol. 8, 729. http://sea-entomologia.org/PDF/MeSEA_8_Catalogue_Palaeartic_Curculionoidea.pdf (Letzter Zugriff: 26.12.2022).

Alonso-Zarazaga, M.A., Barrios, H., Borovec, R., Bouchard, P., Caldara, R., Colonnelli, E., Gültekin, L., Hlaváč, P., Korotyaev, B., Lyal, C.H.C., Machado, A., Meregalli, M., Pierotti, H., Ren, L., Sánchez-Ruiz, M., Sforzi, A., Silfverberg, H., Skuhrovec, J., Trýzna, M., Velázquez de Castro, A.J., Yunakov, N.N., 2023: Cooperative Catalogue of Palearctic Coleoptera Curculionidae 2nd edition. Monografías electrónicas S.E.A., vol. 8, 729. http://sea-entomologia.org/MeSEA14_2023.pdf (Letzter Zugriff: 17.04.2023).

Barclay, M.V.L., Morris, M.G., 2011: *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers) (Curculionidae) in Dorset. *The Coleopterist* 20 (2), 54.

Benedikt, S., Krátký, J., Jansa, P., 2018: Dva doplňky do seznamu nosatců (Coleoptera: Curculionidae) České republiky. *Západočeské entomologické listy* 9, 48-51.

BOLD 2023: BOLD Systems. Public Data Portal – Record List. [http://www.boldsystems.org/index.php/Public_Search-Terms?query=%22Pachyrhinus%20lethierryi%22\[tax\]](http://www.boldsystems.org/index.php/Public_Search-Terms?query=%22Pachyrhinus%20lethierryi%22[tax]) (Letzter Zugriff 16.01.2023).

Böhme, J., 2005: Die Käfer Mitteleuropas, Band K, Katalog (Faunistische Übersicht). 2. Auflage, Elsevier GmbH, München, 374-375.

Çerçi, B., 2016: First records of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) and *Otiorhynchus armadillo* (Rossi, 1792) (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) from Turkey. *Biharean Biologist* 10 (2), 141-143.

Delbol, M., 2008: Présence de *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers 1875) (Coleoptera: Curculionidae) en Belgique. *Faunistic Entomology* 61 (4), 193-194.

Delbol, M., Dekoninck, W., Drumont, A., 2013: Précision sur la répartition de *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) en Belgique (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie/Bulletin von de Koninklijke Belgische Vereniging voor Entomologie* 149, 103-105.

EU-Parlament und EU-Rat 2016: Verordnung EU 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2016 über Maßnahmen zum Schutz vor Pflanzenschädlingen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R2031&from=de> (Letzter Zugriff: 09.01.2023).

EuroGeographics 2020: EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenzen. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> (Letzter Zugriff: 05.01.2023).

- GBIF 2023: *Pachyrhinus lethierryi* Global Biodiversity Information Facility occurrence download. https://www.gbif.org/occurrence/search?taxon_key=9218834, data set: <https://doi.org/10.15468/dl.amtq9g> (Letzter Zugriff: 05.01.2023).
- Germann, C., 2005: *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) signalé pour la première fois en Suisse (Coleoptera, Curculionidae, Polydrusini). Bulletin romand d'entomologie 23, 57-59.
- Germann, C., Bahr, F., Bayer, C., Behne, L., Müller, G., Müller, U., Sprick, P., Stüben, P., Winkelmann, H., 2005: First record of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) et *Otiorhynchus crataegi* Germar, 1824 at the Bas-Rhin (France: Rhineland) (Curculionidae: Entiminae: Polydrusini). Weevil News no. 28, 3. <https://www.curci.de/data/wnarchives/28/index.html> (Letzter Zugriff: 02.01.2023).
- Germann, C., Sattler, T., Obrist, M.K., Moretti M., 2008: Xero-thermophilous and grassland ubiquist species dominate the weevil fauna of Swiss cities (Coleoptera, Curculionoidea). Boletín de la Société Entomologique Suisse 81, 141-154.
- Germann, C., 2013a: *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) – Primera cita para la Fauna Ibérica (Coleoptera, Curculionidae). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A) 53, 321-322.
- Germann, C., 2013b: A review of *Dichorhynchus* Desbrochers, 1875 (Coleoptera, Curculionidae) with two new species from Greece and Turkey, and from Cyprus. European Journal of Taxonomy 46, 1-13.
- Germann, C., Braunert, C., 2018: Contribution to the Weevils (Coleoptera, Curculionidae) of Kefalonia Islands (Greece). Parnassiana Archives 6, 25-40.
- Gosik, R., Hirsch, J., Spick, P., 2010: Biology and molecular determination of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) with description of the mature larva and pupa (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae, Polydrusini). Snudebiller, Studies on taxonomy, biology and ecology of Curculionides 11., No. 156, 80-95.
- Heijerman, T., 2008: De snuitkever *Pachyrhinus lethierryi* nieuw voor Nederland (Coleoptera: Curculionidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen 28, 35-39.
- Hoffmann, A., 1950: Coléoptères Curculionides, Première Partie. Faune de France, Vol. 52. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris, 248-250.
- Kovalenko, Y.N., Akulov, E.N., Yunakov, N., 2018: The easternmost discovery of the Mediterranean Weevil *Pachyrhinus lethierryi* (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae): Is a further invasion possible? ZooKeys 799, 89-93.
- Lillig, M., 2016: Zwei für das Saarland neue südeuropäische Rüsselkäferarten (Coleoptera: Curculionidae). Abh. Delattinia 42, 183-186.
- Link, A., 2023: persönliche Mitteilung 10.03.2023.
- Löbl, I., Smetana, A., 2013: Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Volume 8, Curculionidea II. Apollo Books, Stenstrup, 700 S.
- Mifsud, D., Colonnelli, E., 2018: Two new records of weevils from Malta, with a new synonymy (Coleoptera: Curculionidae). Revista gaditana de Entomologia, IX núm 1, 43-47.
- Plant, C.W., Morris, M.G., Heal, N.F., 2006: *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) (Curculionidae) new to Britain and evidently established in south-east England. The Coleopterist 15, 59-65.
- Rheinheimer, J., 2003: *Pachyrhinus lethierryi* Desbrochers in Südwestdeutschland (Coleoptera, Curculionidae). Mitteilungen des entomologischen Vereins Stuttgart, 38, 17-18.
- Rheinheimer, J., Hassler, M., 2010: Die Rüsselkäfer Baden-Württembergs. Verlag Regionalkultur, Heidelberg, 373.
- Stefan, C., 2017: Wetterbilanz 2016 für Kärnten. Carinthia II, 201-208. 113-119.

Endophytische Verbreitung von *Cryptostroma corticale*, dem Erreger der Rußrindenkrankheit, in Bayern

ENNO MAGER ¹✉, NICOLE BURGDORF ¹, LUDWIG STRASSER ¹, ANDREAS HAHN ¹

¹ Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abteilung Waldschutz, 85354 Freising, Deutschland
✉ Enno Mager: enno.mager@lwf.bayern.de

Forstschutz Aktuell 69 (2024): 14 - 21

KURZFASSUNG

Seit 2018 ist *Cryptostroma corticale* als Erreger der Rußrindenkrankheit an Bergahorn in Bayern bekannt. Bisher fehlte aber eine systematische Erfassung der endophytischen Verbreitung. Um diese zu untersuchen, wurden 34 bayernweit verteilte Waldbestände ohne augenscheinliche Symptome eines Befalls durch *C. corticale* beprobt. Insgesamt wurden 245 Bäume aus 34 Beständen mittels PCR mit artspezifischen Primern untersucht. Bei 21 Bäumen konnte eine Infektion mit *C. corticale* nachgewiesen werden. Zudem wurden Stammabschnitte von Bergahornen aus jedem dieser 34 Bestände in Klimaschränken inkubiert und auf die Bildung von Sporenlagern hin untersucht. In 15 Beständen wurden weitere Stammabschnitte als Brennholzstapel aufgeschichtet. *C. corticale* konnte mit diesen drei Methoden an 15 der 34 Standorte nachgewiesen werden. Die Bestände mit positiven Befunden sind über ganz Bayern verstreut; sie liegen nicht nur in der recht warmen Umgebung von Würzburg, wo Ausbrüche der Rußrindenkrankheit bisher dokumentiert wurden.

SCHLÜSSELWORTE

Phytopathologie, Endophyt, Bergahorn, *Acer pseudoplatanus*

ABSTRACT

Endophytic distribution of *Cryptostroma corticale*, the causative agent of sooty bark disease, in Bavaria

Since 2018, *Cryptostroma corticale* has been known as causal agent of sooty bark disease on sycamore maples in Bavaria. However, a systematic survey of the endophytic distribution has been lacking. In order to investigate this, we examined 34 forest stands distributed throughout Bavaria without symptoms of infestation with respect to *C. corticale*. A total of 245 trees from 34 stands were examined for infection using PCR with species-specific primers. Infection with *C. corticale* was detected in 21 trees. Furthermore, trunk sections of trees from the 34 stands were incubated in climate chambers. Additionally, in 15 stands trunk sections were piled up.

The samples were subsequently inspected for spore formation. *C. corticale* was detected at 15 of the 34 sites. The stands with positive findings are scattered all over Bavaria; they are not limited to the rather warm region around Würzburg, where outbreaks of sooty bark disease have been documented so far.

KEYWORDS

Phytopathology, endophyte, sycamore maple, *Acer pseudoplatanus*

Einleitung

Cryptostroma corticale (Ellis & Everh.) P.H. Greg. & S. Waller, der Erreger der Rußrindenkrankheit an *Acer* spp., ist ein Pilz der Xylariaceae. Die Rußrindenkrankheit aus der Familie, welche ursprünglich aus Nordamerika an Zuckerahorn (*A. saccharum* Marshall; Sapindaceae) bekannt war (Ellis und Everhart 1889, Gregory und Waller 1951), trat in Europa ab der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, zeitlich und räumlich weit verstreut, an hier heimischen Ahornarten auf. In Deutschland wurde der erste Ausbruch 1964 in Berlin beobachtet (Plate und Schneider 1965). Aber bis zum nächsten beobachteten Ausbruch 2005 (Metzler 2006) vergingen über vier Jahrzehnte.

Etwa mit dem Jahrtausendwechsel stieg die Anzahl der Meldungen über Ausbrüche der Rußrindenkrankheit in Mitteleuropa sprunghaft an. Sie konnte neben *Acer pseudoplatanus* L. an weiteren in Mitteleuropa heimischen Ahornarten beobachtet werden. Im Jahr 2018 wurde die Rußrindenkrankheit erstmals in Bayern nachgewiesen (Bork 2018). Betroffen waren Bergahorne mehrerer Waldinseln in Unterfranken, in denen *C. corticale* in den Folgejahren zu einem bestandesweiten Absterben führte. Die meisten dieser Waldbestände zeichneten sich durch ein im bayernweiten Vergleich eher warm-trockenes Klima aus.

In den folgenden Jahren konnte die Rußrindenkrankheit auch in anderen Regionen Bayerns beobachtet werden. Hierbei trat sie überwiegend im urbanen Umfeld oder gelegent-

lich an Brennholzpoltern auf. Diese Ausbrüche standen mit den Hitze- und Trockenheitsextremen der letzten Jahre in Bayern in Zusammenhang (Burgdorf und Straßer 2021, Burgdorf et al. 2022, Burgdorf et al. 2023).

Die weite räumliche Streuung der Funde, die zeitlichen Diskontinuitäten im Auftreten und die Bildung von Sporenlagern an Brennholz fernab der bekannten nordbayerischen Befallsorte ließen bereits früh vermuten, dass *C. corticale* eine ausgeprägte endophytische Lebensphase besitzt. Dies galt auch als wahrscheinlich, da engverwandte Arten der Xylariales häufig als Endophyten und Schwächeparasiten bekannt sind, sie also entweder symptomlos in gesund erscheinenden oder in anderweitig stark geschwächten Pflanzen leben (Parfitt et al. 2010, Cochard et al. 2016, Luchi et al. 2016, Ogris et al. 2021). Zudem war bereits bekannt, dass die symptomatische Ausbildung von Sporenlagern auch an Bäumen auftritt, die zum Zeitpunkt ihrer Fällung symptomlos waren (Kelnarová et al. 2017, Ogris et al. 2021). Wie weitgehend diese endophytische Verbreitung über die bekannten Ausbruchsherde in Franken hinausreicht, war bis vor kurzem unklar. Dieser Frage widmete sich die nachfolgend geschilderte Untersuchung.

Material und Methode

In der vorliegenden Untersuchung werden Daten aus zwei Beprobungskampagnen vorgestellt und ausgewertet. Die erste Beprobungskampagne fokussierte auf die bayernweite Verbreitung von *C. corticale*. Die zweite Kampagne erfolgte im Kontext einer Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen.

In beiden Fällen wurden Bergahornbestände in den Landeswäldern der Bayerischen Staatsforste AÖR in ganz Bayern ausgewählt, die mit Blick auf die Rußrindenkrankheit symptomlos waren, einen mittleren Brusthöhendurchmesser von etwa 10 bis 30 cm aufwiesen und einen möglichst hohen Anteil an Bergahorn hatten.

Es wurde auf eine möglichst breite räumliche Abdeckung über alle Regionen und Wuchsgebiete geachtet. Insgesamt wurden 34 Bergahornbestände ausgewählt und beprobt. Diese reichten von der Rhön im Norden, über Mainfranken und Donauniederung bis zu den Alpen im Süden, sowie vom Bayerischen Wald im Osten bis zur Schwäbischen Alb im Westen.

Im Rahmen der ersten Kampagne im Sommer 2021 wurden 19 Bestände untersucht. Hierbei wurden je Fläche fünf Bäume gefällt. An jedem wurden an zwei und bei Vorhandensein von Holzverfärbungen an bis zu fünf Stellen entlang des Stammes Holzspäne gewonnen. Dazu wurden Stammstücke gespalten und mit einem Akkubohrschrauber mit Holzbohrer angebohrt. Die Bohrer wurden durch trockene Hitze von anhaftender DNA befreit (250 °C; 30 min). Von den gewonnenen Spänen wurden nach der Gefrier Trocknung 50 mg in einer Kugelschwingmühle zerkleinert. Aus diesem Holzmehl wurde im Anschluss die DNA mithilfe des DNeasy Plant Mini Kits (Qiagen) extrahiert und mit artspezifischen Primern eine PCR durchgeführt (Kelnarová et al. 2017). Die so erhaltene vervielfältigte DNA wurde im Rahmen einer Gelelektrophorese der Amplikongröße nach aufgetrennt und unter UV-Licht auf das



ABBILDUNG 1: Beprobung der Bäume mit einem Zuwachsbohrer während der zweiten Kampagne (Bild: N. Burgdorf).

FIGURE 1: Tree sampling using an increment borer during the second campaign (Photo: N. Burgdorf).



ABBILDUNG 2: Material zur Probenahme und Reinigung: Bohrmaschine zum Vorbohren, Reagenzgläser mit Wasserstoffperoxid zur Reinigung der Utensilien, Spritzflasche mit Wasser zum Nachspülen, Schabeisen zum Entfernen der äußeren Rinde und Gefäße zur Probennahme.

FIGURE 2: Equipment for sampling and its cleaning: Drill for pre-drilling, test tubes with hydrogen peroxide for cleaning the required tools, spray bottle with water for rinsing, scraper for removing the outer bark and vials for the samples.

Vorhandensein einer Bande passender Länge hin untersucht.

Zur Qualitätskontrolle wurden sowohl Negativ- als auch Positiv-Kontrollen für die Extraktion und die PCR verwendet. Als Kontrolle der DNA-Extraktion wurden gereinigtes Wasser und Holzspäne eines Baumes, der bei seiner Fällung bereits Sporenlager gebildet hatte, verwendet. Als Kontrolle der PCR wurden gereinigtes Wasser und ein DNA-Extrakt aus Sporen von *C. corticale* verwendet. Ergänzend wurde von je einem Baum pro Standort ein etwa 50 cm langer Stammabschnitt in eine sporendichte, aber wasserdampfdurchlässige Verpackung (Medical Packaging) eingeschlossen. Dieser wurde zunächst über zwei Monate in einem Klimaschrank bei 25 °C auf eine Holzfeuchte von 30 % getrocknet und dann weiterhin im Klimaschrank gelagert, um eine Sporenbildung zu induzieren.

Die im Rahmen der zweiten Kampagne verwendeten Instrumente wurden mit Wasserstoffperoxid [3% (w/w)] von anhaftender DNA befreit. Im Frühjahr 2022 wurden an 15 Standorten je zehn Bergahorne zweimal mit 90°igem Ver-

satz auf einer Höhe von einem Meter mit einem Zuwachsbohrer beprobt (Mora-Coretax dreischneidig 300 mm; Abbildung 1). Zuvor wurde die äußerste Rinde mit einem Bügelschaber entfernt und mit einem Akkubohrer ein Loch vorgebohrt (Abbildung 2), um das Eindringen des Zuwachsbohrers zu erleichtern. Vom Bohrkern (Abbildung 3) wurden 50 mg des marknahen Holzes weiterverarbeitet und analysiert. Es wurde hierbei analog zur ersten Kampagne vorgegangen. Die DNA wurde jedoch durch 20-minütiges Kochen in Chelex (Bio-Rad, 10 % w/v) in 1x TAE-Puffer extrahiert. An den Standorten der zweiten Kampagne wurden im Sommer 2022 zudem Bergahorne gefällt und in Rundlinge zerteilt, um diese zur Untersuchung einer Sporenbildung des Pathogens zu inkubieren. Dies geschah einerseits analog zur ersten Kampagne mit der Lagerung in Klimaschränken, andererseits wurden Rundlinge zu einem Holzpolter mit einem Volumen von einem Kubikmeter aufgeschichtet und im Bestand belassen, um eine Sporenbildung zu induzieren (Abbildung 4). Diese Stapel wurden mindestens halbjährlich begutachtet



ABBILDUNG 3: Bohrkern-Probe mit Verfärbung von einem Standort bei Würzburg.
FIGURE 3: Exemplary core sample with discoloration from a site near Würzburg.



ABBILDUNG 4: Holzpolter zur Inkubation von asymptomatischem Rundholz am Standort, teilweise mit Verfärbung im Kern.
FIGURE 4: Pile of wood for on-site incubation of asymptomatic roundwood, partially with discoloration in the heartwood.

und bei Verdacht Proben unter dem Mikroskop auf eine Sporenentwicklung überprüft.

Ergebnisse

Cryptostroma corticale konnte an zwölf von 34 (35%) Standorten als Endophyt durch eine PCR-Analyse mit erfolgreicher Amplifikation nachgewiesen werden. Hierbei konnte bei 21 von 245 (9%) Bäumen eine Infektion nachgewiesen werden. Darüber hinaus bildete *C. corticale* an zwölf von 34 Rundlingen verschiedener Bestände (35%), die in Klimaschränken gelagert wurden, Sporenlager aus (Tabelle 1). Die Anzahl der Positivnachweise war zwar bei beiden Nachweismethoden identisch, sie beziehen sich aber auf zum Teil unterschiedliche Bestände. Bei neun von 15 Waldbeständen

fürten beide Methoden zu einem positiven Nachweis (60%), bei jeweils drei von 15 Flächen schlug hingegen nur eine der genannten Techniken an (40%).

An den Brennholzstapeln in den Beständen konnte *C. corticale* an vier von 15 (27%) Standorten nachgewiesen werden (Tabelle 1). Holz aus diesen vier positiv getesteten Beständen führte auch bei der Lagerung im Klimaschrank zur Bildung von Sporenlagern. Bei zwei der vier Fälle gelang zusätzlich der Nachweis mit PCR mit artspezifischen Primern.

Durch Kombination dieser drei Ansätze konnte *C. corticale* an 15 von 34 (44%) der untersuchten Standorte nachgewiesen werden. Diese waren über ganz Bayern verteilt (Abbildung 5).

Diskussion der Ergebnisse

Mit der vorliegenden Untersuchung konnte eine asymptomatische Verbreitung von *C. corticale* in Bayern nachgewiesen werden, die weit über die bisherig augenscheinliche geklumpfte Verteilung symptomatischer Bestände in der Region um Würzburg hinausgeht. Die räumlich weite endophytische Verbreitung von *C. corticale* wurde auch bei einer Untersuchung von drei asymptomatischen Waldbeständen in Mittel- und Norddeutschland gefunden: Schlößer et al. (2023) konnten dabei *C. corticale* in allen Beständen nachweisen. Je Bestand wurden in dieser Studie zehn Bäume angebohrt, die Bruchstücke der Bohrkerns auf Agarnährmedien aufgelegt und mittels DNA-Sequenzierung bestimmt. Bezogen auf die Einzelbauebene konnte *C. corticale* in acht der 30 (27%) untersuchten Bäume nachgewiesen werden, wobei die Infektionsrate in den Beständen zwischen zehn und 60% schwankte.

Bei einer Untersuchung in der Nähe von Prag in den Jahren 2013/2014 konnte *C. corticale* in zwei von drei Beständen ohne bisherigen Ausbruch der Rußrindenkrankheit nachgewiesen werden (Kelnarová et al. 2017). Hierbei wurden je Standort 13, 16 bzw. 19 Bäume beprobt und mittels Kulturtechnik und PCR mit artspezifischen Primern untersucht. Gesamt waren sechs von 48 (13%) untersuchten Bäumen mit *C. corticale* infiziert. Auf Bestandesebene waren hierbei vier (31%), null bzw. zwei der Bäume betroffen.

Standortnummer	nahegelegene Ortschaft	Untersuchung mit PCR mit artspezifischen Primern		Sporenbildung an Polter	Sporenbildung bei Lagerung im Labor
		Anzahl untersuchter Bäume	Anzahl positiv getesteter Bäume		
1	Fladungen	5	0	n/a	0
2	Oberbach	10	0	0	0
3	Coburg	5	0	n/a	0
4	Eltmann	5	0	n/a	0
5	Gramschatz	10	1	0	1
6	Aschaffenburg	5	0	n/a	0
7	Kist	10	3	1	1
8	Auerbach	5	0	n/a	0
9	Hersbruck	10	0	0	0
10	Walderbach	10	0	0	0
11	Herrenried	5	0	n/a	1
12	Teugn	10	0	1	1
13	Gotteszell	5	0	n/a	0
14	Eichstätt	5	2	n/a	1
15	Saldenburg	10	2	0	0
16	Sandbach	10	1	0	1
17	Essenbach	5	1	n/a	0
18	Neukirchen	5	0	n/a	0
19	Dillingen	5	0	n/a	0
20	Bad Griesbach	10	0	0	0
21	Ichenhausen	5	1	n/a	0
22	Eurasburg	5	0	n/a	0
23	Straßberg	10	0	0	0
24	Waldkraiburg	5	2	n/a	1
25	Ismaning	10	0	1	1
26	Kirchseeon	10	0	0	0
27	Ottobeuren	10	1	0	1
28	Kolbermoor	5	3	n/a	1
29	Otterfing	10	0	0	0
30	Kempten	5	0	n/a	0
31	Kreuth	5	0	n/a	0
32	Lindau	10	2	1	1
33	Lindau	5	2	n/a	1
34	Sonthofen	5	0	n/a	0

TABELLE 1: Ergebnisse der Untersuchungen auf endophytisches Vorkommen von *C. corticale* auf 34 Standorten in Bayern. Die Untersuchung wurde mit artspezifischen Primern mit PCR, der Inkubation von Rundholz im Bestand sowie der Inkubation von Rundholz im Klimaschrank zur Induktion der Sporenbildung durchgeführt. Zur geographischen Einordnung wurden die Waldbestände nach den nahegelegenen Ortschaften benannt und von Nord nach Süd sortiert.

TABLE 1: Results of the screening for endophytic occurrence of *C. corticale* on 34 sites in Bavaria. The investigation was performed with PCR and species-specific primers, incubation of logs in the stand, and in a climate chamber. For geographic classification, the sampled stands were named according to nearest towns and sorted from north to south.

Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelte Gesamtdurchseuchungsrate auf Einzelbaumebene von neun Prozent (bis zu drei der fünf untersuchten Bäume eines Bestandes) liegt unter denen anderer Untersuchungen (Kelnarová et al. 2017, Schlößer et al. 2023). Dies könnte auf Standorteigenschaften oder Unterschiede in der Beprobungsstrategie zurückzuführen sein.

Ein Zusammenhang zwischen dem Ausbruch der Rußrindkrankheit und verschiedenen Witterungsereignissen wurde bereits postuliert bzw. konnte in Einzelfällen bestätigt werden (Koukol et al. 2015, Kelnarová et al. 2017, Burgdorf et al. 2020, Ogris et al. 2021). Ähnliche Beobachtungen wurden in der Vergangenheit bei anderen Endophyten gemacht. So konnte nachgewiesen werden, dass *Diplodia sapinea* Fuckel (Botryosphaerales) ein erhöhtes Wachstum in durch Trockenstress geschwächten Waldkiefern (*Pinus sylvestris* L.) besitzt (Blumenstein et al. 2021). In Bezug auf *Biscogniauxia nummularia*, einen engen Verwandten von *C. corticale*, konnte beobachtet werden, dass Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) wärmerer und trockenerer Standorte häufiger infiziert waren (Luchi et al. 2016). Dass eine Schwächung des Wirtes zu einem Krankheitsausbruch durch Endophyten führt, scheint ein weit verbreitetes Phänomen zu sein (Mattoo und Nonzom 2022).

Diskussion der Methode

Beim Nachweis mit PCR mit artspezifischen Primern stellte sich heraus, dass bei einigen Bäumen nur ein Teil der Proben eines Baumes positiv auf *C. corticale* getestet werden konnte. Da das Verbreitungsmuster von *C. corticale* in seinen Wirten noch unbekannt ist, könnte dies damit zusammenhängen, dass bei dieser Methode nur sehr kleine Partien des entsprechenden Baumes untersucht werden und es zu einem Übersehfehler (falsch-negatives Ergebnis) gekommen ist.

Im Gegensatz dazu wurde bei den anderen Nachweismethoden mehr Material untersucht, was die Wahrscheinlichkeit eines Positivnachweises erhöht. Demzufolge müsste der Anteil positiver Befunde bei der Lagerung von Rundlingen im

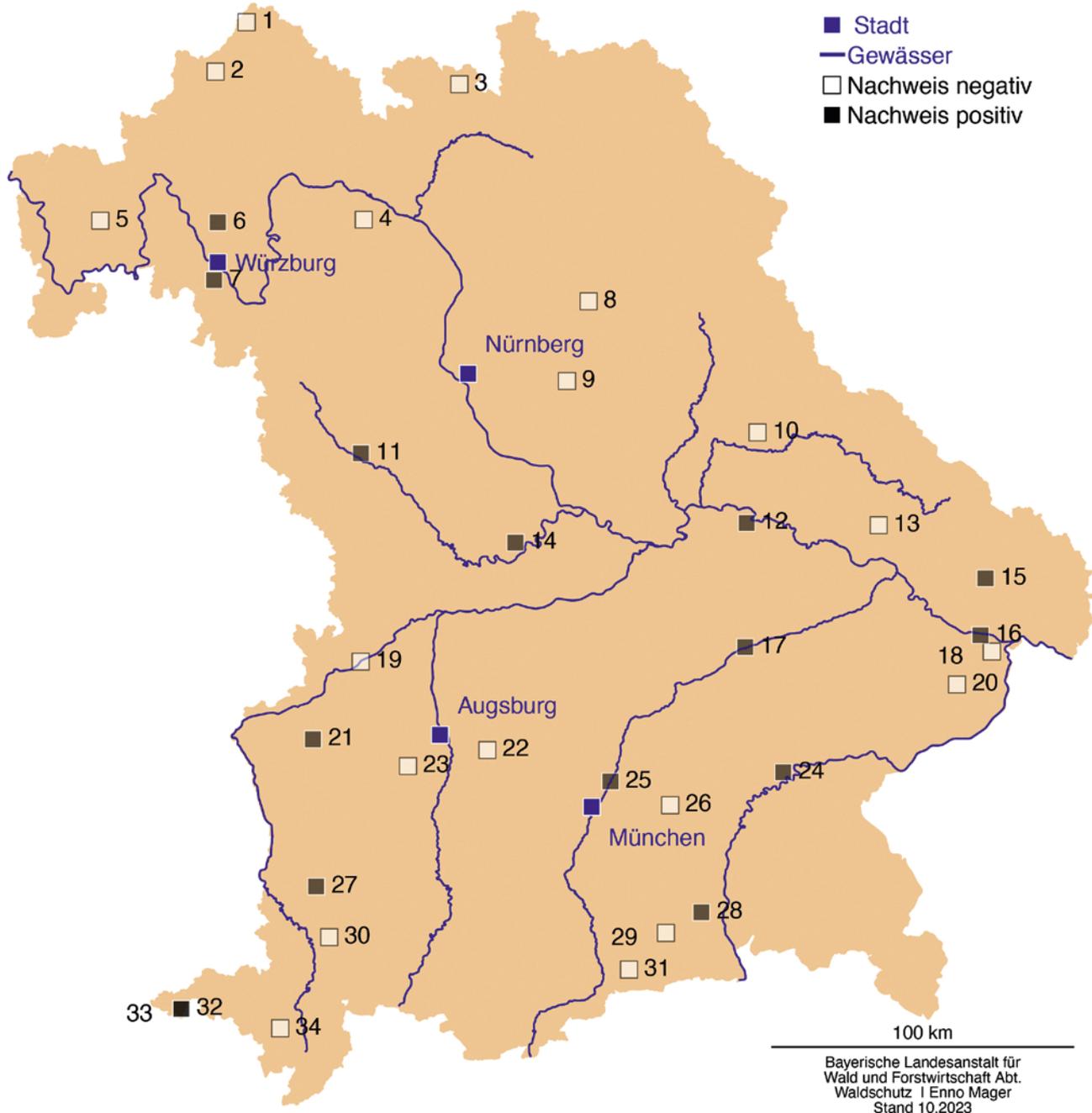


ABBILDUNG 4: Karte Bayerns mit den Positiv- und Negativnachweisen zur endophytischen Verbreitung von *Cryptostroma corticale*.
FIGURE 4: Map of Bavaria showing the results of the survey of an endophytic distribution of *Cryptostroma corticale*.

Klimaschrank höher liegen als der Anteil bei Verwendung der PCR-Diagnostik mit artspezifischen Primern. Dies war allerdings nicht der Fall. Die Beschränkung auf einen 50 cm langen Stammabschnitt eines Baumes könnte dafür ursächlich sein, während im anderen Fall Holzspäne von fünf bis zehn Bäumen untersucht wurden.

Die niedrigere Nachweisquote bei der Lagerung von Rundholzpoltern im Bestand könnte auf ungünstige klimatische Bedingungen zurückzuführen sein: So lag zum Beispiel die Temperatur im Klimaschrank konstant bei 25 °C, der für *C. corticale* optimalen Temperatur (Dickenson und Wheeler

1981). In den Beständen lag sie, abgesehen von den Sommermonaten, deutlich darunter.

Insgesamt scheint der Nachweis mittels PCR und artspezifischen Primern die höchste Sensitivität zu haben, da er trotz der sehr geringen Probenmasse von etwa 50 mg Holzspäne eine zufriedenstellende Nachweisquote erbringt. Bei einem Vergleich dieser Methode mit kulturbasierten Methoden konnten Kelnarová et al. (2017) für erstere ebenfalls eine höhere Sensitivität feststellen.

Die zum Teil sehr unterschiedliche Durchseuchung in den Studien lässt die Beprobung von zehn Bäumen pro Be-

stand als Untergrenze erscheinen. Für den Nachweis werden auf Basis der vorliegenden Untersuchung artspezifische Primer und PCR empfohlen. Sollten allerdings apparative oder organisatorische Einschränkungen die Nutzung kaum praktikabel erscheinen lassen, erachten wir die Inkubation von einzelnen Rundhölzern als ebenfalls verlässliche Nachweismethode. In diesem Fall sollten die Rundhölzer, nach Möglichkeit noch im Bestand, in durchsichtigen und sporendichten, aber wasserdampfpermeablen Hüllen verpackt werden. Dies unterbindet einerseits eine Infektion der Hölzer mit umherfliegenden Sporen nach Fällung und Transport, und schützt andererseits Personen, sollten sich Sporenlager während der Lagerung bilden, vor hohen Sporenbelastungen.

Literatur

Blumenstein, K., Bußkamp, J., Langer, G. J., Schlößer, R., Parra Rojas, N. M., Terhonen, E., 2021: *Sphaeropsis sapinea* and associated endophytes in scots pine: interactions and effect on the host under variable water content. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4: 655769. doi: 10.3389/ffgc.2021.655769.

Bork, K., 2018: Rußrindenkrankheit an Ahorn – Erstfund in Bayern. *AFZ-Der Wald*, 73(20), 40–41.

Burgdorf, N., Härtl, L., Hahn, W. A., 2022: Sooty Bark Disease in Sycamore: Seasonal and Vertical Variation in Spore Release of *Cryptostroma corticale*. *Forests*, 13(11), 1956.

Burgdorf, N., Härtl, L., Straßer, L., 2020: Ahorn-Rußrindenkrankheit: Untersuchungen zur Verbreitung von *Cryptostroma corticale*. *Jahrbuch der Baumpflege* 2020, 277–284.

Burgdorf, N., Mager, E., Hausknecht, B., Straßer, L., Hahn, A., 2023: Ahorn-Rußrindenkrankheit: Verbreitung und Sporenbildung. *AFZ-Der Wald*, 78(4), 28–31.

Burgdorf, N., Straßer, L., 2021: Schadverlauf und Mortalität durch die Rußrindenkrankheit in Bergahornbeständen Bayerns. *Forstschutz Aktuell*, Wien, 66, 30–35.

Cochard, B., Pasche, S., Hänzi, M., Pelleteret, P., Crovadore, J., Lefort, F., 2016: Nouvelles maladies fongiques d'espèces ligneuses identifiées à Genève. *Bulletin 2016 de l'Arboretum*, 46, 28–30.

Dickenson, S., Wheeler, B. E. J., 1981: Effects of temperature, and water stress in sycamore, on growth of *Cryptostroma corticale*. *Transactions of the British Mycological Society*, 76(2), 181–185.

Ausblick

Der Bergahorn ist an eher kühle und feuchte Standorte angepasst (Ellenberg 1991). Allerdings stockt er häufig nicht auf diesen (Krabel und Wolf 2013). Vor diesem Hintergrund und der in den kommenden Jahren zunehmenden Trockenheit und Hitze (IPCC 2020) ist lokal und regional dessen fortschreitende Schwächung zu erwarten. Daher muss man von einer vermehrten Infektion der Bergahorne mit *C. corticale* und einem vermehrten Ausbrechen der Rußrindenkrankheit ausgehen. Welche Parameter im Detail für die Verbreitung von *C. corticale* als Endophyt und insbesondere den Ausbruch der Rußrindenkrankheit entscheidend sind, sollte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

Ellenberg, H., 1991: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta geobotanica*, 18, 1–248.

Ellis, J. B., Everhart, B. M., 1889: New species of hyphomycetous fungi. *The Journal of Mycology* 5(2), 68–72.

Gregory, P.H. Waller, S., 1951: *Cryptostroma corticale* and sooty bark disease of sycamore (*Acer pseudoplatanus*). *Mycological Research*, 34, 579–597.

IPCC 2022: Climate change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi: 10.1017/9781009325844.

Kelnarová, I., Černý, K., Zahradník, D., Koukol, O., 2017: Widespread latent infection of *Cryptostroma corticale* in asymptomatic *Acer pseudoplatanus* as a risk for urban plantations. *Forest Pathology*, 47(4), e12344. doi: 10.1111/efp.12344.

Koukol, O., Kelnarová, I., Černý, K., 2015: Recent observations of sooty bark disease of sycamore maple in Prague (Czech Republic) and the phylogenetic placement of *Cryptostroma corticale*. *Forest Pathology*, 45(1), 21–27.

Krabel, D., Wolf, H., 2013: Sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.). *Forest tree breeding in Europe: current state-of-the-art and perspectives*. Springer Nature, Managing Forest Ecosystems, 25, 373–402.

- Luchi, N., Capretti, P., Feducci, M., Vannini, A., Ceccarelli, B., Vettraino, A. M., 2016: Latent infection of *Biscogniauxia nummularia* in *Fagus sylvatica*: a possible bioindicator of beech health conditions. *iForest*, 9, 49-54.
- Mattoo, A. J., Nonzom, S., 2022: Investigating diverse methods for inducing sporulation in endophytic fungi. *Studies in fungi*, 7(1), 1-10.
- Metzler, B., 2006: *Cryptostroma corticale* an Bergahorn nach dem Trockenjahr 2003. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 400, 161-162.
- Ogris, N., Brglez, A., Piškur, B., 2021: Drought stress can induce the pathogenicity of *Cryptostroma corticale*, the causal agent of sooty bark disease of sycamore maple. *Forests*, 12(3), 377.
- Parfitt, D., Hunt, J., Dockrell, D., Rogers, H. J., Boddy, L., 2010: Do all trees carry the seeds of their own destruction? PCR reveals numerous wood decay fungi latently present in sapwood of a wide range of angiosperm trees. *Fungal ecology*, 3(4), 338-346.
- Plate, H. P., Schneider, R., 1965: Ein Fall von asthmaartiger Allergie, verursacht durch den Pilz *Cryptostroma corticale*. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 17(7), 100-101.
- Schlößler, R., Bien, S., Langer, G. J., Langer, E. J., 2023: Fungi associated with woody tissues of *Acer pseudoplatanus* in forest stands with different health status concerning sooty bark disease (*Cryptostroma corticale*). *Mycological Progress*, 22(2), 13.

Ritzen der Rinde von Fichtenstämmen als Werkzeug im integrierten Borkenkäfermanagement

JÜRGEN PUSCHACHER^{1,2}, GOTTFRIED STEYRER³, JOHANN KAMMLEITNER⁴, GERNOT HOCH³ 

¹ Österreichische Bundesforste AG, Pummergasse 10-12, 3002 Purkersdorf, Österreich

² Universität für Bodenkultur, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich

³ BFW - Bundesforschungszentrum für Wald, Institut für Waldschutz, Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien, Österreich

⁴ Österreichische Bundesforste AG, Nationalparkbetrieb Kalkalpen, Eisenstraße 75, 4462 Reichraming, Österreich

 Gernot Hoch: gernot.hoch@bfw.gv.at

Forstschutz Aktuell 69 (2024): 22 - 28

KURZFASSUNG

Die rechtzeitige Entfernung windgeworfener Fichten oder von befallenem Material ist eine zentrale Maßnahme im integrierten Borkenkäfermanagement. Wir testeten das Ritzen der Rinde mit einer Motorfräse im prophylaktischen und im bekämpfenden Einsatz gegen den Buchdrucker (*Ips typographus*) im Nationalpark Kalkalpen. Dazu wurden Anfang April 2021 Fichten als Fangbäume vorgelegt. Für die prophylaktische Behandlung (d.h. vor dem Befall durch Borkenkäfer) wurden die Versuchsbloche gleich nach der Fällung bearbeitet. Die kurative Behandlung von Blochen erfolgte im mittleren Larvenstadium der Brut. Kontrollen blieben unbehandelt. Die Anzahl von Buchdruckern, die sich pro dm² Rindenfläche entwickelten, unterschied sich signifikant zwischen den Varianten. In der Kontrolle entwickelten sich $9,3 \pm 4,5$ Käfer/dm² (Mittel \pm Standardfehler), in der bekämpfenden Variante $3,7 \pm 1,5$ und in der prophylaktischen Variante $0,4 \pm 0,4$ Käfer/dm². Die verschiedenen Versuchsstandorte sowie die Rindenstärke der Bloche hatten keinen signifikanten Einfluss. Sekundäre Borkenkäferarten konnten sich in den Versuchsblochen entwickeln. Die Zahl lebender *Dryocoetes autographus* unterschied sich nicht zwischen den Behandlungen, während sich *Hylurgops palliatus* in den prophylaktisch geritzten Blochen in

ABSTRACT

Bark gouging of spruce logs as a tool in integrated bark beetle management

Timely removal or treatment of wind thrown spruce trees of infested logs is a core element of integrated bark beetle management. We tested the application of bark gouging with a gouging head mounted to a chainsaw motor as prophylactic or curative treatment against *Ips typographus* in the Austrian Limestone Alps National Park. Therefore, mature spruce trees were felled in early April 2021, before the onset of bark beetle spring swarming in this area. For the prophylactic treatment (i.e. prior to infestation) logs were gouged directly after felling. For the curative treatment, logs were gouged when broods were in mid larval stage. Control logs remained untreated. The number of living *I. typographus* beetles per dm² bark area differed significantly between the treatments. In control logs, 9.3 ± 4.5 beetles/dm² bark developed (mean \pm S.E.), 3.7 ± 1.5 in curatively and 0.4 ± 0.4 beetles/dm² in prophylactically treated logs. Three experimental sites as well as bark thickness did not have a significant effect. Secondary bark beetle species were able to develop in treated logs. Numbers of *Dryocoetes autographus* did not differ between treatments while *Hylurgops palliatus* developed in highest numbers in

signifikant höherer Zahl entwickeln konnte. Wir schließen, dass prophylaktisches Rindenritzen eine sehr nützliche Maßnahme in der Pufferzone von Nationalparks ist. Die Entwicklung des Buchdruckers wird nahezu vollständig verhindert, während das Material für sekundäre Arten bruttauglich bleibt. Prophylaktisches Ritzen kann auch in Wirtschaftswäldern sehr nützlich sein, wenn eine rechtzeitige Bringung windgeworfener Fichten nicht möglich ist.

SCHLÜSSELWORTE

Integriertes Borkenkäfermanagement, Scolytinae, Entrindung, Rindenritzen

prophylactically treated logs. We conclude that prophylactic bark gouging is highly suitable for bark beetle management in buffer zones of national parks. It almost completely prohibits development of *I. typographus* while the material remains suitable for more secondary species. Prophylactic gouging can also be highly useful in managed forests when timely removal of wind thrown spruce trees is not possible.

KEYWORDS

Integrated bark beetle management, Scolytinae, debarking, bark scratching

Einleitung

Die rechtzeitige Entfernung oder bekämpfungstechnische Behandlung von bruttauglichen Fichtenstämmen ist ein zentraler Ansatzpunkt, um Massenvermehrungen des Buchdruckers, *Ips typographus*, zu verhindern oder einzudämmen. Das Ritzen der Rinde von Fichtenblochen wurde im Nationalpark Bayerischer Wald als präventive Maßnahme entwickelt. Dabei wird der Bast für *Ips typographus* brutuntauglich gemacht und das behandelte Holz bleibt für ungefährliche, xylobionte Arten weiterhin nutzbar (Thorn und Müller 2016, Thorn et al. 2016). Weitere Untersuchungen demonstrierten darüber hinaus eine bekämpfende Wirkung zwei oder fünf Wochen nach dem Befall (Hagge et al. 2019). Im vorliegenden Versuch wurde getestet, wie weit diese Methode im Rahmen des Borkenkäfermanagements des Nationalparks Kalkalpen eingesetzt werden kann. Dabei werden in den Pufferzonen Maßnahmen gesetzt, die eine Ausbreitung von Borkenkäfern in Waldgebiete außerhalb des Nationalparks verhindern sollen.

Es wurden in einem Versuch unter praxisnahen Bedingungen zwei Anwendungen getestet:

- Prophylaktische Anwendung: Verhindert das Ritzen vor Befallsbeginn durch Buchdrucker eine erfolgreiche Besiedelung bzw. eine erfolgreiche Entwicklung?
- Bekämpfende Anwendung: Wie weit unterbindet das Ritzen von bereits befallenem Holz eine vollständige Brutentwicklung?

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Nationalpark Kalkalpen auf den Flächen der Österreichischen Bundesforste AG (ÖBf) angelegt. Auf drei Standorten mit Fichtenaltbeständen wurden jeweils neun Fichten (*Picea abies*) als Fangbäume vorgelegt. Auf jedem Standort wurden drei Behandlungsvarianten geprüft: prophylaktisches Ritzen, bekämpfendes Ritzen und unbehandelte Kontrolle. Pro Standort und pro Behandlungsvariante wurden drei Wiederholungen (d.h. drei Fichten) angelegt.

Versuchsanlage und prophylaktische Anwendung

Vor dem zu erwartenden Schwärmflug der Buchdrucker wurden am 6.-7.4.2021 noch bei Schneelage auf fünf Standorten jeweils neun Fichten als Fangbäume vorgelegt. Somit waren zwei Standorte als Reserve angelegt, sollte an einem der drei geplanten Standorte der Befall ausbleiben oder zu schwach sein. Die Bäume wurden gefällt und markiert, Brusthöhen-durchmesser (BHD) und Länge wurden gemessen. Die Bäume für die Kontrolle und für das bekämpfende Ritzen wurden nicht entastet und nicht ausgeformt. Die Bäume für die prophylaktische Bekämpfung wurden in 4m-Blochen ausgeformt. Ein unteres, dickrindiges Bloch (max. 48 cm Durchmesser) und ein oberes, dünnrindiges Bloch (am Kronenansatz, min. 21 cm Durchmesser) wurden ausgewählt, markiert sowie die Position am Stamm, der Durchmesser und Rindenstärke bestimmt. Anschließend erfolgte das Ritzen in der prophylaktischen Anwendung. Für das Ritzen wurden Motorsägen-Aufbaugeräte, die Eder-Borkenkäferfräse (Eder Maschinenbau GmbH, Wolfenbüttel, Deutschland), mit Zahnriemenantrieb eingesetzt (Abbildung 1). Die Fräse besteht aus vier Messern mit einer Messerbreite von 4,5 mm bei einer gesamten Arbeitsbreite von 90 mm. Der Abstand zwischen den Messern und der damit verbleibende intakte Rindenbereich betragen 24 mm. Die Frästiefe ist mit 9 mm begrenzt.

Der Befallsverlauf an den vorgelegten Fichten wurde zweimal wöchentlich kontrolliert. Nachdem sich ein dichter Befall der Fangbäume und eine fortgeschrittene Brutentwicklung (Larvenstadium) abgezeichnet hatten, erfolgte eine detaillierte Aufnahme der Brutentwicklung am 15.6.2021. An allen Fangbäumen wurde dazu an ein bis zwei Stellen (Rindenfenster in 20 x 20 cm) die Rinde abgehoben und die Anzahl der Rammelkammern, der Muttergänge sowie deren Länge erfasst und die Anteile der vorliegenden Entwicklungsstadien geschätzt (Abbildung 2).

Bekämpfende Anwendung

Entsprechend den Ergebnissen der Entwicklungskontrolle wurden drei Versuchsstandorte ausgewählt: Zöbelboden,



ABBILDUNG 1: Prophylaktisches Ritzen der Rinde mit der Eder-Borkenkäferfräse.

FIGURE 1: Prophylactic bark gouging with Eder bark gouging device.



ABBILDUNG 2: Entwicklung der Brut am Tag vor der bekämpfenden Behandlung (links). Auch in prophylaktisch geritzten Blochen hatten sich zu dem Zeitpunkt Buchdrucker eingebohrt (rechts).

FIGURE 2: Development of *Ips typographus* broods one day prior to curative gouging treatment (left). At this time, *Ips typographus* had also attacked prophylactically treated logs (right).

Jausenzeitboden und Ebenforstseilung. Dort erfolgte am 16.6.2021 in Analogie zur Versuchsanlage und prophylaktischen Anwendung die Ausformung und Auswahl der Versuchsbloche, deren Vermessung und Markierung. Die Versuchsbloche der bekämpfenden Variante wurden anschließend in der gleichen Weise, wie bei der prophylaktischen Anwendung, mit der Eder-Borkenkäferfräse bearbeitet.

Probennahme

Pro Versuchsbloch wurde am 30.6.2021 ein Probenstück von 50 cm Länge aus einem mittleren Blochabschnitt (ohne Rindenverletzungen) herausgeschnitten. Entsprechend dem Versuchsdesign (drei Behandlungsvarianten, dick-/dünnrindig, drei Wiederholungen) wurden 54 Probenstücke gewonnen.

Außerhalb des Versuchsdesigns wurde die derzeit übliche Entrindungspraxis des Nationalparkbetriebs der ÖBf überprüft: Von den neun Versuchsblochen der Kontrolle wurden

weitere Blochstücke verwendet, die mit einem an die Motorsäge angebauten Fräskopf komplett entrindet wurden („weißgefäst“). Dies erfolgte auf einer Plane mit hochgezogenen Seiten, so dass die Rindenstücke gesammelt werden konnten.

Lagerung der Probestücke und Kontrolle

Nach dem Messen von Durchmesser, Länge und Rindenstärke wurden die Probenstücke einzeln in Eklektoren gelagert. Die Eklektoren bestanden aus 120-Liter oder 200-Liter-Fibertrommeln aus Kraftpapier (Arthur Wulf Fasshandel GmbH & Co. KG, Buchholz, Deutschland) mit aufgesetztem Kunststofftrichter und Sammelgefäß. Die Rindenproben wurden in Käfigen mit Metallgaze gelagert. Die Aufstellung erfolgte in einer Scheune, die bei geöffneten Toren und Fenstern eine regengeschützte Lagerung unter Freiland-Temperaturbedingungen ermöglichte (Abbildung 3). Die Käfer wurden sowohl aus den Sammelgefäßen als auch aus den Eklektoren (mit

einem adaptieren Staubsauger) zweimal pro Woche aufgesammelt, erfasst und getrennt in Plastiksäckchen im Gefrierschrank für eine spätere Analyse gelagert.

Im Zeitraum von 2.9.-16.9.2021 erfolgte die Endkontrolle der Probestücke. Von den 54 Probestücken wurden je zwei gegenüberliegende Streifen von 15 cm über die gesamte Länge entnommen. An den Streifen bzw. den verbleibenden Spuren am Holzkörper wurde die Anzahl der Muttergänge erfasst. Die Rinde wurde in kleinste Stücke zerteilt (wenige Millimeter). Lebende und tote Käfer, Larven und Puppen wurden gesammelt und gezählt (Abbildung 4). Bei Borkenkäfern erfolgte eine Bestimmung der Arten, bei anderen Insekten die Erfassung nach Familie. Die Rinde der komplett gefrästen Probestücke wurde analog untersucht (Stichprobe).

Die Zahl der Buchdrucker, die bei der Endkontrolle lebend

in den Rindenstreifen gefunden wurde, wurde auf die Zahl in der gesamten Mantelfläche (abzüglich Äste und rindenfreie Stellen) hochgerechnet. Zusammen mit der Zahl der Buchdrucker, die im Laufe der Kontrollen insgesamt pro Probestück abgesammelt wurden, ergab dies die Zahl der lebenden Buchdrucker pro Stück. Die Gesamtzahl wurde dann auf die Zahl der Buchdrucker pro dm² Rindenfläche umgerechnet.

Ergebnisse

Das Rindenritzen hatte einen hochsignifikanten Effekt auf die Zahl lebender Buchdrucker pro dm² Rindenfläche. Betrachtet man alle Standorte sowie dick- und dünnrindige Bloche gemeinsam, entwickelten sich in den unbehandelten Kontrollblochen $9,3 \pm 4,5$ Käfer/dm² Rindenfläche (arithmetisches Mittel \pm Standardfehler), in den bekämpfend behandelten $3,7 \pm 1,5$



ABBILDUNG 3: Lagerung der Probestücke in Eklektoren zur regelmäßigen Absammlung schlüpfender Käfer.
FIGURE 3: Rearing containers for incubation of log segments.

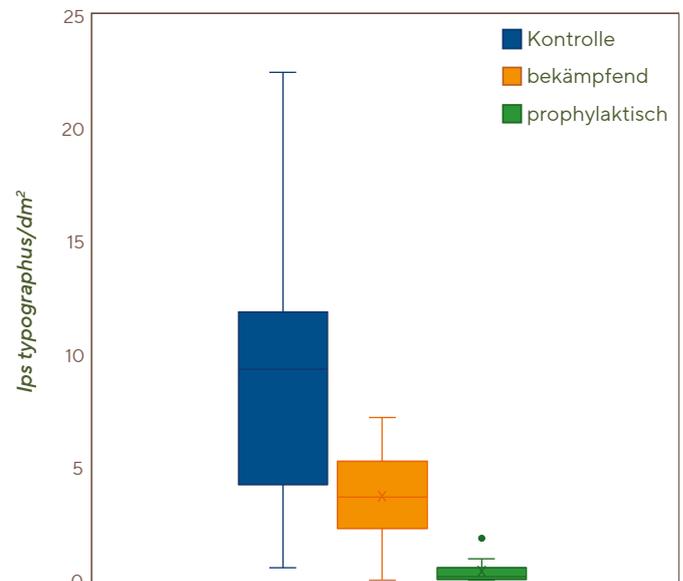


ABBILDUNG 5: Boxplots der Anzahl lebender Buchdrucker pro dm² Rindenfläche, die sich in bekämpfend oder prophylaktisch geritzten Blochen sowie in unbehandelten Kontrollblochen entwickelt haben. Alle drei Standorte sowie dick- und dünnrindige Bloche sind gemeinsam dargestellt. Die drei Behandlungsvarianten unterscheiden sich signifikant voneinander (ANOVA: $F = 26,566$, $P < 0,001$; Scheffé post hoc Tests signifikant bei $\alpha = 0,05$; $n = 18$).

FIGURE 5: Boxplots showing number of living *Ips typographus* per dm² bark area in curatively (orange) and prophylactically (green) treated logs as well as in untreated controls (blue). The three study sites as well as thick and thin-barked logs are shown together. The tree treatments differed significantly according to ANOVA ($F = 26.566$, $P < 0.001$; Scheffé post hoc Tests were significant at $\alpha = 0.05$; $n = 18$).



ABBILDUNG 4: Untersuchung der Rinde der Probenstücke auf lebende, in den Brutsystemen verbliebene Käfer am Ende der Lagerung.
FIGURE 4: Examination of bark of log segments for living beetles remaining in the galleries at the end of the incubation period.

und in den prophylaktisch behandelten $0,4 \pm 0,4$ Käfer/dm² Rindenfläche (Abbildungen 5 und 6). Die Zahl der lebenden Buchdrucker unterschied sich nicht zwischen den als dick- und dünnrindig ausgewählten Probestücken, was die gemeinsame Analyse dieser beiden Gruppen erlaubte.

Eine zweifaktorielle ANOVA zeigte, dass bei einem signifikanten Effekt der Behandlungsvariante der Effekt des Standortes sowie der Interaktion zwischen Behandlung und Standort nicht signifikant waren (Tabelle 1).

Betrachtet man die Ergebnisse auf den einzelnen Standorten, so zeigen sich unterschiedlich starke Effekte der Behandlungen (Tabelle 2). In allen Fällen führte die prophylaktische Behandlung zu einer signifikant geringeren Zahl von Buchdruckern als in der unbehandelten Kontrolle. Auch bei der bekämpfenden Behandlung zeigt sich die Reduktion, der Unterschied gegenüber der Kontrolle ist allerdings nicht immer signifikant. Gemäß der oben gezeigten zweifaktoriellen ANOVA ist es sinnvoll, den Haupteffekt der Behandlung zu betrachten: und dieser ist signifikant in allen Fällen.

Weißfräsen: Die Analyse der Rindenstücke nach dem im Nationalpark Kalkalpen standardmäßig angewandten Fräsen

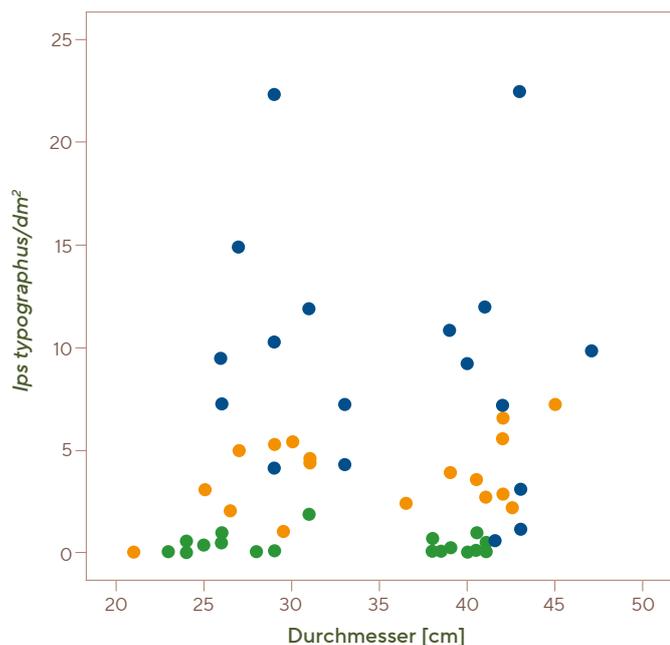


ABBILDUNG 6: Anzahl lebender Buchdrucker pro dm² Rindenfläche in den unterschiedlich starken Probestücken nach bekämpfender (orange) und prophylaktischer (grün) Behandlung sowie in unbehandelten Kontrollen (blau). Die linke Punktwolke stellt die als dünnrindig, die rechte die als dickrindig klassifizierten Probestücke dar.

FIGURE 6: Number of living *Ips typographus* per dm² bark area in curatively (orange) and prophylactically (green) treated logs as well as in untreated controls (blue) of different diameters. The left cluster represents logs classified as thin-barked, the right cluster represents thick-barked logs.

zeigte eine sehr gute bekämpfende Wirkung auf Buchdrucker im Käferstadium. In den neun Proben waren nur sehr wenige lebende Buchdrucker zu finden. Die Zahl lag bei $0,007$ Käfern/dm² Rindenfläche.

Andere Borkenkäferarten: Neben dem Buchdrucker besiedelten auch andere Borkenkäfer die vorgelegten Versuchsbäume. Am häufigsten waren dabei der Gelbbraune Fichtenbastkäfer (*Hylurgops palliatus*) und der Zottige Fichtenborkenkäfer (*Dryocoetes autographus*) zu finden. Daneben waren auch regelmäßig Brutparasiten des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus*) zu beobachten. Die Zucht- und Auswertungsmethode erlaubte jedoch keine Quantifizierung der letzteren, kleinen Art. Bei *D. autographus* traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten auf (ANOVA: $F = 0,342$, $P = 0,712$), die Dichte war mit weniger als $0,5$ Käfern/dm² Rindenfläche deutlich geringer als beim Buchdrucker. *H. palliatus* hingegen konnte besonders die prophylaktisch geritzten Bäume nutzen (Abbildung 7). Die Zahl lebender Käfer darin war signifikant höher als bei bekämpfend geritzten oder unbehandelten Stämmen (ANOVA: $F = 8,372$, $P < 0,001$; signifikante Scheffé post hoc Tests), und sie war mit $8,0$ Käfern/dm² Rindenfläche ähnlich der Dichte des Buchdruckers in der unbehandelten Kontrolle.

TABELLE 1: Effekte von Standort, Behandlung und deren Interaktion auf die Zahl lebender Buchdrucker pro dm² Rindenfläche gemäß zweifaktorieller ANOVA (df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, P = Signifikanzwert).

TABLE 1: Effects of study site, treatment and their interaction on the number of living *Ips typographus* per dm² bark area according to two-way ANOVA.

	df	F	P
Standort	2	0,056	0,955
Behandlungsvariante	2	25,414	< 0,001
Interaktion	4	0,919	0,461

TABELLE 2: Zahl lebender Buchdrucker pro dm² Rindenfläche bei den unterschiedlichen Behandlungsvarianten auf den drei Versuchsstandorten (Mittelwerte \pm Standardfehler).

TABLE 2: Number of living *Ips typographus* per dm² bark area in untreated controls (Kontrolle), curative (bekämpfend) and prophylactic (prophylaktisch) treatment on the three study sites (means \pm S.E.).

	Jausenzeitboden	Ebenforstseilung	Zöbelboden
Kontrolle	$9,3 \pm 3,1$	$7,5 \pm 1,4$	$11,2 \pm 2,9$
bekämpfend	$3,7 \pm 0,7$	$4,7 \pm 0,8$	$2,8 \pm 0,7$
prophylaktisch	$0,3 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,3$	$0,1 \pm 0,1$

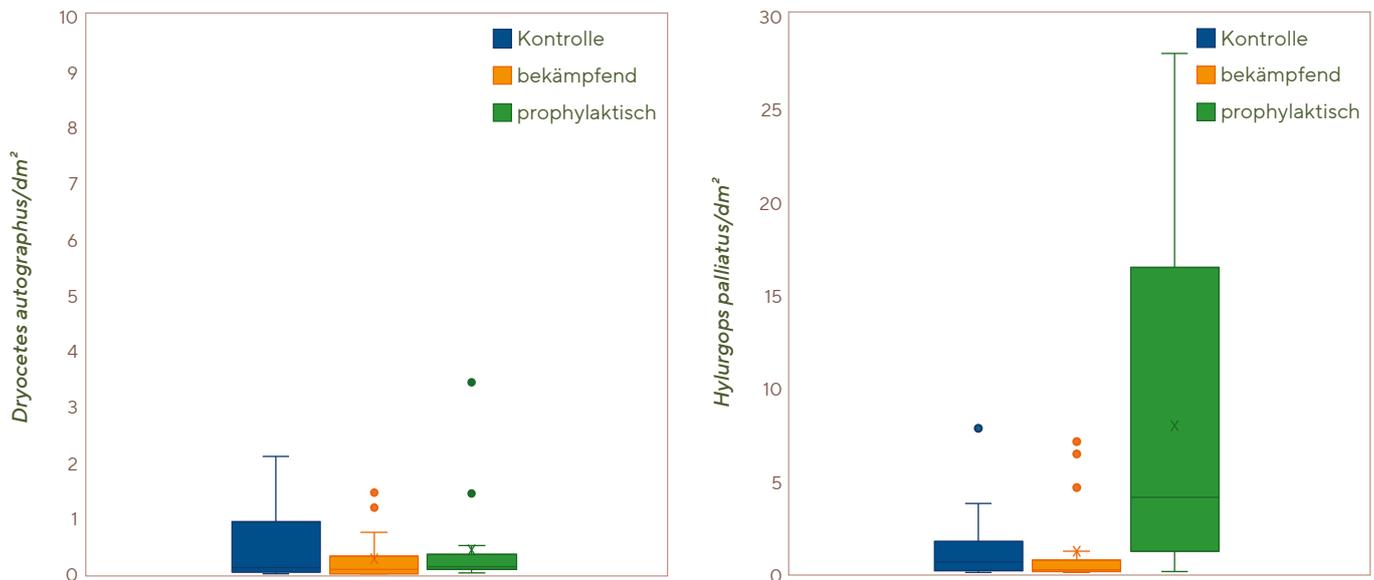


ABBILDUNG 7: Zahl lebender *Dryocoetes autographus* (links) und lebender *Hylurgops palliatus* (rechts) pro dm² Rindenfläche in bekämpfend und prophylaktisch geritzten sowie unbehandelten (Kontrolle) Blochen.

FIGURE 7: Number of living *Dryocoetes autographus* (left) and living *Hylurgops palliatus* (right) per dm² bark area in curatively (orange) and prophylactically (green) treated logs as well as in untreated controls (blue).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die aus den Studien im Nationalpark Bayerischer Wald berichtete, sehr gute Wirkung des Rindenritzens beim prophylaktischen Einsatz (Thorn et al. 2016) konnte im vorliegenden Versuch bestätigt werden. Die Zahl lebender Buchdrucker (geschlüpft und in der Rinde verblieben) wurde gegenüber der unbehandelten Kontrolle auf 4 % reduziert. Bekämpfendes Ritzen zum Zeitpunkt, da die Bruten meist im Larvenstadium vorlagen, hatte einen statistisch signifikanten Effekt, reduzierte die Zahl lebender Buchdrucker gegenüber der Kontrolle aber nur auf 40 %. Dieser Wert lag deutlich über der aus dem Bayerischen Wald berichteten Reduktion auf 12 % bzw. 20 % des Schlupfes aus Kontrollblochen, wenn die Behandlung zwei bzw. fünf Wochen nach Befall durchgeführt wurde (Hagge et al. 2019).

Die prophylaktische Ritzung verhinderte nicht die Brutanlage durch den Buchdrucker. Wie die Kontrolle im Juni zeigte, waren im Durchschnitt 38 Muttergänge pro Probestück zu finden (das entspricht 17 % des Werts bei der Kontrolle). Viele dieser Brutversuche führten jedoch zu keiner erfolgreichen Entwicklung. Besonders die sekundäre Borkenkäferart *H. palliatus* vermochte die schmalen Rindenstege nach dem Ritzen noch zu nutzen und schien vom derart erschlossenen Brutraum zu profitieren.

Wie die leichten Unterschiede zwischen den Standorten andeuten, dürfte der Effekt der bekämpfenden Ritzung stark vom Fortschritt der Brutentwicklung zum Zeitpunkt der Behandlung sowie vom Mikroklima am Standort abhängig sein (Sonneneinstrahlung, Feuchte des Brutsubstrats). Am Zöbelboden war die Brutentwicklung am wenigsten weit fortgeschritten. Entsprechend führte die bekämpfende Ritzung zu

den geringsten Zahlen lebender Buchdrucker, da sich die Abnahme der Brutsubstratqualität und wohl auch der verfügbare Platz stärker auswirkten. Der am Jausenzeitboden leicht geringere Bruterfolg als auf der Ebenforstseilung deutet darauf hin, dass rasche Austrocknung durch stärkere Sonneneinstrahlung auf ersterem Standort die Brutsubstratqualität rascher beeinträchtigte. Derartige Effekte könnten die Unterschiede zur Studie von Hagge et al. (2019) zumindest teilweise erklären.

Unser Versuch im Nationalpark Kalkalpen wurde auch aus arbeitstechnischer Sicht untersucht, Bachinger et al. (2024) berichten in diesem Heft darüber. Im Bayerischen Wald erwies sich Rindenritzen als signifikant kostengünstiger als die vollständige Entrindung durch Fräsen (Hagge et al. 2019). Laut Zarges et al. (2023) kann auch unvollständiges Ritzen eine wirksame Bekämpfungsmaßnahme darstellen, was die Methode hinsichtlich des Aufwands noch attraktiver machen würde. Allerdings vergleicht die Studie nur geritzte mit vollständig entrindeten Stämmen ohne unbehandelte Kontrolle.

Bekämpfend ist das Rindenritzen wohl am ehesten dann einzusetzen, wenn die Bruten erst in einem sehr frühen Stadium vorliegen und ein rasches Austrocknen der Stämme gewährleistet ist. Auch sollte die allgemeine Borkenkäfer-Risiko-situation zum konkreten Zeitpunkt bzw. am Standort mitberücksichtigt werden. Bei erhöhtem Risiko wäre dem vollständigen Fräsen der Rinde der Vorzug zu geben. Fräsen zum Zeitpunkt, da die Bruten meist schon im Jungkäferstadium vorlagen, zeigte einen durchschlagenden Erfolg: Nur 0,007 lebende Käfer befanden sich in 1 dm² Rinde. Das Fräsen tötet den Großteil der in der Rinde befindlichen Jungkäfer ab, die sich in den Brutbildern entwickelt hatten. Die weitere Larvenentwicklung wird durch die vollständige Entrindung unterbunden.

Bei prophylaktischer Anwendung ist das Rindenritzen jedenfalls eine für den Nationalpark geeignete Methode. Neben der sehr guten Unterbindung der Buchdruckerentwicklung ist davon auszugehen, dass das behandelte Holz für die Besiedelung durch xylobionte Arten – und damit für die Förderung der Biodiversität – besser geeignet bleibt. Die starke Entwicklung von *H. palliatus* gibt einen Hinweis darauf, dass sekundäre Arten, von denen keine Gefahr als Forstschädlinge ausgeht, dieses Brutsubstrat nutzen konnten. Im Bayerischen Wald konnte gezeigt werden, dass geritzte Stämme bei der Besiedelung durch xylobionte Pilze und Käfer sowie durch parasitische Wespen keine Unterschiede zu unbehandelten Kontrollen aufweisen (Thorn et al. 2016). Aufgrund der Kostenvorteile gegenüber vollständiger Entrindung ist das Rindenritzen auch für den Wirtschaftswald ein interessantes Werkzeug im integrierten Borkenkäfermanagement, wenn

Holz nicht rechtzeitig aus dem Wald gebracht werden kann oder zur Aufrechterhaltung der Schutzfunktion hohe Abstockungen oder Querfällungen durchgeführt werden sollen.

Danksagung

Herzlicher Dank geht an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Nationalparkbetriebs Kalkalpen der Österreichischen Bundesforste AG, insbesondere an Ing. Jan Kerbl und die Forstfacharbeiter für die exzellente Arbeit bei der Vorbereitung und der Anlage des Versuchs. Danke an die Kolleginnen und Kollegen vom Institut für Waldschutz des BFW für die Unterstützung beim Bau der Eklektoren und der arbeitsintensiven Endkontrolle. Danke an die Österreichischen Bundesforste AG, insbesondere Dr. Monika Kanzian, für das Ermöglichen dieses Versuches durch finanzielle Unterstützung und das Interesse an dieser Arbeit.

Literatur

Bachinger, M., Kammleitner, J., Kanzian, C., 2024: Motormanuelles Rindenritzen gegen Borkenkäfer – Praxisversuche zu Zeitbedarf und Treibstoffverbrauch. *Forstschutz Aktuell*, 69, 29-35.

Hagge, J., Leibl, F., Müller, J., Plechinger, M., Soutinho, J.G., Thorn, S., 2019: Reconciling pest control, nature conservation, and recreation in coniferous forests. *Conservation Letters*, 12, e12615. <https://doi.org/10.1111/conl.12615>

Thorn, S., Bässler, C., Bußler, H., Lindenmayer, D.B., Schmidt, S., Seibold, S., Wende, B., Müller, J., 2016: Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic

costs compared to debarking. *Forest Ecology and Management*, 364, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.044>

Thorn, S., Müller, J., 2016: Rindenschlitzen bei Fichte bekämpft Buchdrucker, aber erhält Biodiversität. *Anliegen Natur*, 38, 97-98.

Zarges, S., Thorn, S., Bußler, H., Siegler, H., Wolf, J., Hagge, J., 2023: Low accuracy bark gouging controls *Ips typographus* outbreaks while conserving non-target beetle diversity. *Forest Ecology and Management*, 548, 121399. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121399>

Motormanuelles Rindenritzen gegen Borkenkäfer – Praxisversuche zu Zeitbedarf und Treibstoffverbrauch

MAXIMILIAN BACHINGER¹, JOHANN KAMMLEITNER², CHRISTIAN KANZIAN¹✉

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Institut für Forsttechnik, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich

² Österreichische Bundesforste AG, Nationalparkbetrieb Kalkalpen, Eisenstraße 75, 4462 Reichraming, Österreich

✉ Christian Kanzian: christian.kanzian@boku.ac.at

Forstschutz Aktuell 69 (2024): 29-35

KURZFASSUNG

Die motormanuelle Entrindung mit Anbaugeräten für Motorsägen wird im Nationalparkbetrieb Kalkalpen der Österreichischen Bundesforste AG als präventive Maßnahme im Borkenkäfermanagement eingesetzt. Neben der vollständigen Entrindung existieren Anbaugeräte zum Ritzen oder streifenweisen Entfernen der Rinde, für welche es bisher keine Erfahrungen über die Effektivität gibt. Ein Versuch zum motormanuellen Ritzen von Fichtenstämmen zur Borkenkäferbekämpfung wurde mit einer Arbeitsstudie begleitet. Neben dem Ritzen wurden Fichtenstämmen vollständig mit einem Schälgerät motormanuell entrindet, um Vergleichswerte zu erhalten.

Das Ritzen von 42 Fichtenblochen dauerte im Versuch durchschnittlich 11,8 Minuten pro Festmeter (min/m^3) bzw. 0,9 Minuten pro Quadratmeter (min/m^2) bearbeiteter Rindenfläche. Die vollständige Entrindung mit dem Schälgerät benötigte im Versuch mit 15 Blochen mit $14,1 \text{ min}/\text{m}^3$ bzw. $1,2 \text{ min}/\text{m}^2$ etwas mehr Zeit, d.h. die Zeitersparnis auf Basis der Versuchsdaten betrug beim Ritzen im Mittel ca. 16 %. Für das Ritzen der 44 Bloche wurden insgesamt 3,79 l Treibstoff verbraucht, was einem spezifischen Verbrauch von $0,17 \text{ l}/\text{m}^3$ entspricht. Beim Schälen betrug der spezifische Verbrauch im Mittel $0,27 \text{ l}/\text{m}^3$. Um den Einfluss des Stückvolumens auf den Zeitbedarf zu

ABSTRACT

Motor-manual bark scratching against bark beetles - field study on time requirement and fuel consumption

Motor-manual debarking with chainsaw attachments is used as a preventive measure in bark beetle management in the Kalkalpen National Park (Kalkalpen National Park Unit, Österreichische Bundesforste ÖBf). In this study, we tested scratching or removal of bark in strips with a gouging head mounted on a chainsaw. Complete motor-manual debarking was compared to bark scratching in a work study.

Scratching 42 spruce logs took an average of 11.8 minutes per solid cubic meter (min/m^3) or 0.9 minutes per square meter of treated bark area (min/m^2). Complete debarking took slightly longer in the trial over 15 logs at $14.1 \text{ min}/\text{m}^3$ and $1.2 \text{ min}/\text{m}^2$ respectively, i.e., the time saving for scratching based on the trial data was approx. 16 % on average. A total of 3.79 l of fuel was used for scratching the 42 logs, which corresponds to a specific consumption of $0.17 \text{ l}/\text{m}^3$. The specific consumption for debarking was $0.27 \text{ l}/\text{m}^3$ on average. A covariance analysis was carried out to quantify the influence of the log volume on the time required and to statistically test the differences between the treatments scratching and debarking, respectively. Both, log volume and treatment had a signif-

quantifizieren und die Unterschiede zwischen den Varianten statistisch zu testen, wurde eine Kovarianz Analyse durchgeführt. Sowohl das Stückvolumen als auch die Behandlungsvariante (Ritzen, Schälen) hatten einen signifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf. Bei einem Stückvolumen von 0,35 m³ würde sich ein geschätzter Zeitbedarf von 16,4 min/m³ für das Schälen und von 12,0 min/m³ für das Ritzen ergeben, was einer Reduktion des Zeitbedarfes von 27 % entsprechen würde. Diese Angaben beinhalten allerdings nur den reinen Zeitaufwand für das Ritzen oder Schälen, d.h. alle anderen Tätigkeiten, erforderlichen Pausenzeiten, usw. sind nicht berücksichtigt.

SCHLÜSSELWORTE

motormanuelle Entrindung, motormanuelles Rindenritzen, Arbeitsstudie, Treibstoffverbrauch

icant influence on the time required. With a volume of 0.35 m³, the estimated time requirement would be 16.4 min/m³ for motor-manual debarking and 12.0 min/m³ for scratching, which would correspond to a reduction in time requirement of 27 %. However, these figures only include the time required for motor-manual scratching and debarking, i.e. all other work elements and mandatory breaks are not taken into account.

KEYWORDS

motor-manual debarking, motor-manual bark scratching, work study, fuel consumption

Einleitung

Mit fortschreitender Mechanisierung verlagerte sich die arbeitsintensive händische Entrindung von Fichtenrundholz zunehmend vom Wald zum Abnehmer (Vyplel 1992), da die Entrindung mit den neu entwickelten Entrindungsmaschinen (Andersson 1952) wesentlich kostengünstiger durchgeführt werden konnte. Der Ausbau des Forststraßennetzes und die Entwicklung des Transportwesens ermöglichten einen raschen Abtransport des Fichtenrundholzes in Rinde, wodurch die Notwendigkeit der Entrindung im Wald aus Forstschutzgründen entfiel.

Im Falle von Kalamitäten oder drohenden Borkenkäfermassenvermehrungen, wenn Fichtenrundholz in Rinde nicht zeitgerecht aufgearbeitet und aus dem Wald entfernt werden kann, stellt die Entrindung eine Maßnahme dar, um den Befall durch rindenbrütende Insekten zu verhindern und deren Vermehrung einzuschränken. Dort, wo die mechanisierte Aufarbeitung von Fichtenholz eingesetzt wird, kann dies mit umgerüsteten Harvester- bzw. Prozessoraggregaten durchgeführt werden (Holzleitner und Kanzian 2022).

Bei kleinen Holz mengen, in schwer zugänglichem Gelände oder wenn das Holz im Wald verbleiben soll, wie z.B. in Schutzgebieten, stellt die maschinelle Entrindung meistens keine Option dar. So wird z.B. im Nationalparkbetrieb Kalkalpen der Österreichischen Bundesforste AG (ÖBf) zur Behandlung von Schadholz die motormanuelle Entrindung mit Anbaugeräten (Schälen) für Motorsägen durchgeführt. Obwohl die vollständige motormanuelle Entrindung seit längerem praktiziert wird, sind den Autoren kaum arbeitswissenschaftliche Studien bekannt. Einzig Thorn et al. (2016) untersuchten in einem Versuch mit drei unterschiedlichen Anbaugeräten neben den Forstschutzaspekten auch den Zeitbedarf für die Bearbeitung an 45 Bäumen. Je nach Anbaugerät ergab sich ein Zeitbedarf von 20 bis ca. 45 Minuten pro Festmeter (min/m³) für die übliche Bearbeitung von Windwurfholz vom Abstocken bis zur

vollständigen Entrindung. Neben der vollständigen Entrindung wurde auch die streifenweise Entrindung getestet, wobei eine Zeitersparnis von 20 % erzielt werden konnte. Hagge et al. (2019) geben eine Kostenersparnis von 28 % beim streifenweisen Entrinden im Vergleich zur vollständigen Entrindung mit einem Motorsägenanbaugerät an.

Da das streifenweise Entrinden (Ritzen) gegenüber der vollständigen Entrindung auch ökologische Vorteile bieten könnte, wurde diese Methode in einem Praxisversuch im Nationalpark Kalkalpen getestet. Das Ritzen der Stämme wurde auf die Eignung in der Borkenkäferbekämpfung untersucht (Puschacher et al. 2024) und durch eine Zeitstudie im Rahmen einer Bachelorarbeit (Bachinger 2022) begleitet, um den Zeit- und Treibstoffbedarf für das Ritzen zu ermitteln. Unabhängig von der Forstschutzversuchsanlage wurde das vollständige Entrinden (Schälen) von Einzelstämmen beobachtet, um Vergleichswerte ermitteln zu können.

Material und Methoden

Antriebs- und Anbaugeräte

Sowohl für das Ritzen als auch das Schälen wurden riemengetriebene Anbaugeräte für Motorsägen der Firma Eder Maschinenbau GmbH (Deutschland) eingesetzt. Beide Anbaugeräte wiegen jeweils ca. 2,5 bis 2,7 kg und werden statt des Ketten Schwertes an Motorsägen montiert (Abbildung 1 und 2). Die Arbeitsbreite des Eder Schälgeräts ESG1 beträgt 120 mm, wobei das Schälgerät vier Klingen mit einer Breite von jeweils 30 mm aufweist. Die Eder Borkenkäferfräse EBF1 zum Ritzen verfügt über vier Messer, die den Stamm in einem Abstand von 24 mm einritzen bei einer Arbeitsbreite von 90 mm (Herstellernangabe). Beim Versuch dienten zwei unterschiedliche Motorsägen, eine MS 362 C und eine MS 400 C (Stihl Holding AG & Co. KG,



ABBILDUNG 1: Eder Borkenkäferfräse EBF1, montiert auf der Motorsäge Stihl MS 362 C. Das Gerät steht auf einem bereits vollständig geritzten Bloch.

FIGURE 1: Eder EBF1 gouging head mounted on a Stihl MS 362 C chainsaw. The machine is placed on a completely scratched spruce log.



ABBILDUNG 2: Eder Schälgerät ESG1, montiert auf der Motorsäge Stihl MS 362 C. Das Gerät steht auf einem bereits vollständig entrindeten Bloch.

FIGURE 2: Eder chainsaw debarking head ESG1 mounted on a Stihl MS 362 C chainsaw. The machine is placed on a debarked spruce log.

TABELLE 1: Technische Daten der verwendeten Motorsägen (Herstellerangaben).

TABLE 1: Technical specifications of the chainsaws used (manufacturer's data).

Motorsäge	Gewicht leer (kg)	Leistung (kW)	Hubraum (cm ³)	Leistungsgewicht (kg/kW)
Stihl MS 362 C	5,6	3,5	59,0	1,6
Stihl MS 400 C	5,8	4,0	66,8	1,4

Deutschland) als Antriebsgeräte (Tabelle 1). Die Stihl MS 400 C verfügt über eine höhere Leistung und weist ein günstigeres Leistungsgewicht auf. Beide Sägen verfügen mit 3,5 kW (MS 362 C) und 4,0 kW (MS 400 C) über die vom Hersteller der Anbaugeräte angegebene Mindestleistung von 1,5 kW für das Schälgerät bzw. 2,0 kW für die Borkenkäferfräse.

Arbeitsstudie

Die Bereitstellung und Bearbeitung der Versuchsbloche erfolgten in zwei Kampagnen im Nationalpark Kalkalpen. Vom 6. bis 7. April 2021 wurden im Rahmen der Arbeitsstudie insgesamt 44 Bloche (4 m) mit der Borkenkäferfräse geritzt. Die bearbeiteten Bloche bildeten einen Teil des Forstschutzversuches und es wurden jeweils zwei Bloche je Baum für das Ritzen ausgewählt. Da bei zwei Blochen die Videoaufzeichnungen nicht funktionierte, umfasst die Zeitauswertung 42 Bloche mit einem gesamten Volumen von 15,3 m³ inklusive Rinde. In Ergänzung erfolgte für die Arbeitsstudie das Schälens von 15 Blochen (4 m) am 16. und 17. Juni 2021. Dabei wurden alle Bloche von ausgewählten Bäumen vollständig entrindet. Die Dimensionen der Bloche waren beim Schälens mit einem durchschnittlichen Volumen von 0,47 m³ (in Rinde) höher als das der Bloche beim Ritzen mit 0,36 m³. Dementsprechend war die zu bearbeitende Rindenfläche pro Bloch beim Schälens etwas größer mit 4,7 zu 4,2 m² (Tabelle 2). Die Rindenstärke betrug bei den geritzten Blochen zwischen 4 und 10 mm und im Mittel 6,7 mm. Bei den vollständig entrindeten Blochen wurde keine Messung der Rindenstärke vorgenommen. Die Arbeiten wurden von verschiedenen Forstfacharbeitern des Betriebes durchgeführt, wobei die Borkenkäferfräse zum ersten Mal zum Einsatz kam.

Zur Erfassung der Arbeitszeit wurde die gesamte Arbeit zur späteren Auswertung mittels Actionkamera aufgezeichnet. Die Actionkamera war auf einem Stativ angebracht und wurde für jedes Bloch in Position gebracht, sodass sämtliche Arbeitsschritte gut erkennbar aufgezeichnet wurden. Um die Treibstoffeffizienz zu messen, wurde der Verbrauch mittels Nachtanken durch Wiegen des Treibstoffkanisters mit einer Hängewaage (Kern HCB 20K10) vor und nach dem Tanken ermittelt. Um den Arbeitsfluss nicht zu sehr zu beeinträchtigen, wurden zwischen den Verbrauchsmessungen zwei Bloche geritzt. Somit ergaben sich für die 44 Bloche 22 Messungen. Beim

TABELLE 2: Anzahl ausgewerteter Bloche im Überblick mit Dimensionen, Volumen und Rindenfläche (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung).

TABLE 2: Dimensions, volumes and bark area of scratched and debarked logs included in the time analysis (MW = mean value, SD = standard deviation).

Variante	Ritzen		Schälens	
	MW	SD	MW	SD
Anzahl 4m-Bloche	42		15	
Volumen gesamt (m ³)	15,3		7,1	
Mittendurchmesser (cm)	33,3	7,0	37,3	10,9
Volumen (m ³)	0,36	0,15	0,47	0,27
Rindenfläche (m ²)	4,2	0,9	4,7	1,4

Schälens wurde für jedes Bloch der Verbrauch ermittelt.

Die Videoaufzeichnungen wurden mittels speziellen Plugins zur Zeitanalyse für MS Excel ausgewertet, wobei folgende acht Arbeitsschritte unterschieden wurden: Fällen, Asten, Ablängen, Wenden, Ritzen, Schälens, andere Arbeiten und Unterbrechungen. Die Analyse des Zeit- und Kraftstoffbedarfs bezieht sich jedoch nur auf die Arbeitsschritte Ritzen oder Schälens. Bei den anderen Arbeitsschritten wird davon ausgegangen, dass diese unabhängig von den Varianten Ritzen oder Schälens sind. Darüber hinaus wäre für statistisch aussagekräftige Auswertungen aufgrund der hohen Variabilität bei den Arbeitsstudien (Baumdimensionen, Geländeverhältnisse, Arbeitsverfahren etc.) ein wesentlich höherer Stichprobenumfang (n > 100 pro Variante) erforderlich. Im Rahmen der Auswertungen wurden die erhobenen Zeitwerte auf das bearbeitete Volumen sowie die Rindenfläche normiert. Neben deskriptiven Statistiken wurde der Einfluss von Volumen und Variante auf den Zeitbedarf mittels Kovarianzanalysen getestet. Als Grenze für die Signifikanz wird ein Niveau mit einem p-Wert von kleiner als 0,05 festgelegt.

Ergebnisse

Zeitbedarf und Treibstoffverbrauch

Das Ritzen von Fichtenblochen dauerte im Mittel 11,8 min/m³ bzw. 0,9 min/m² bearbeiteter Rindenfläche. Das vollständige Entrinden mit dem Schälgerät benötigte mit 14,1 min/m³ bzw. 1,2 min/m² etwas mehr Zeit, d.h. die Zeitersparnis auf Basis der Versuchsdaten betrug beim Ritzen im Mittel ca. 16 % (Tabelle 3). Vergleicht man die Zeiten aller Messungen, erscheint das Ritzen, bis auf zwei Ausreißer, effizienter als das Schälens zu sein (Abbildung 3). Für das Ritzen der 44 Bloche wurden insgesamt 3,79 l Treibstoff verbraucht, was einem

TABELLE 3: Gegenüberstellung des Zeitbedarfs und Treibstoffverbrauchs beim Ritzen der Rinde und beim Schälen, bezogen auf den bearbeiteten Festmeter und auf die Rindenfläche (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, n = Anzahl der Messungen).
TABLE 3: Comparison of time and fuel consumption for bark scraping and debarking in relation to solid cubic meters and bark area processed, respectively (MW = mean value, SD = standard deviation, n = number of measurements).

Variante	Ritzen			Schälen		
	MW	SD	n	MW	SD	n
Zeitbedarf nach						
Volumen (min/m ³)	11,8	5,3	42	14,1	5,2	15
Rindenfläche (min/m ²)	0,9	0,3		1,2	0,3	
Treibstoffverbrauch nach						
Volumen (l/m ³)	0,17	0,06	22	0,27	0,14	14
Rindenfläche (l/m ²)	0,014	0,005		0,023	0,006	

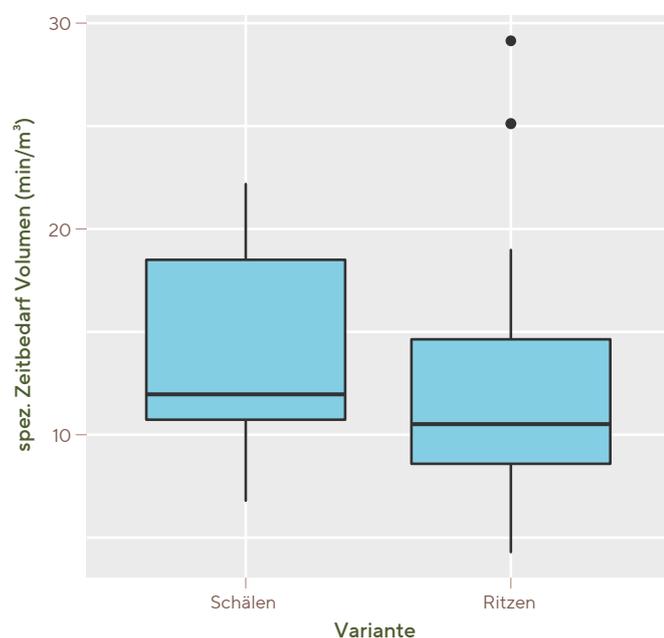


ABBILDUNG 3: Vergleich des spezifischen Zeitbedarfs bezogen auf das bearbeitete Volumen nach den Varianten Schälen und Ritzen.

FIGURE 3: Comparison of the specific time required in relation to the volume processed according to the debarking and scratching treatment.

spezifischen Verbrauch von 0,17 l/m³ entspricht. Beim Schälen betrug der spezifische Verbrauch im Mittel 0,27 l/m³, wobei die hohe Standardabweichung (SD) von 0,14 l/m³ auf eine große Streuung der Daten hinweist.

Betrachtet man den Zeitbedarf je Festmeter in Abhängigkeit vom bearbeiteten Stückvolumen, zeigt sich, dass mit zunehmendem Stückvolumen der spezifische Zeitbedarf sinkt. D.h. für das Schälen und das Ritzen ist der als Stück-Masse-Gesetz bekannte Effekt erkennbar (Abbildung 4). Die Kovarianzanalyse zeigt, dass sowohl die Variante als auch das

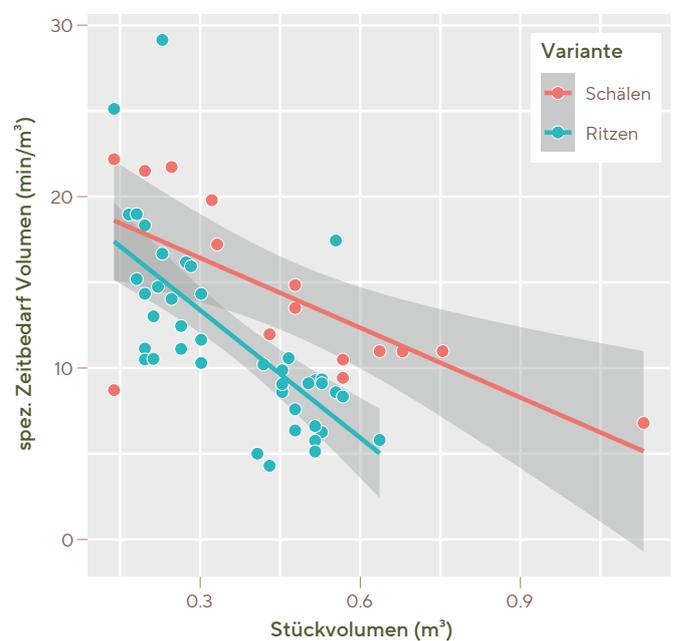


ABBILDUNG 4: Zeitbedarf für das Schälen und Ritzen von Blochen in Abhängigkeit vom bearbeiteten Stückvolumen.

FIGURE 4: Effect of log volume on time required for debarking and bark scratching.

Stückvolumen einen hochsignifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf je Festmeter mit p-Werten unter dem geforderten Niveau von $p < 0,05$ haben (Tabelle 4). Ca. 44 % der Streuung des Zeitbedarfs für das Ritzen oder Schälen können durch die gewählten Parameter erklärt werden (R^2 korrigiert). Die 95%-Konfidenzintervalle der Koeffizienten geben an, dass der wahre Wert des jeweiligen Koeffizienten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb des angegebenen Intervalls liegt. Unter Verwendung der Koeffizienten aus Tabelle 4 ergibt sich eine Funktion (1), über die sich der reine Zeit-

TABELLE 4: Statistische Analyse des Zeitbedarfs je Festmeter für Ritzen und Schälen in Abhängigkeit von der Behandlungsvariante und dem Stückvolumen als Kovariate.

TABLE 4: Statistical analysis of time per solid meter for scratching and debarking as a function of treatment type and log volume as a covariate.

Parameter	Koeffizienten	Konfidenzintervall (95 %)	p-Wert
Konstante	22,99	19,53 bis 26,45	<0,001
Variante [Ritzen]	-4,34	-6,84 bis -1,85	0,001
Stückvolumen (m ³)	-18,86	-24,71 bis -13,00	<0,001
Beobachtungen	57		
Bestimmtheitsmaße (R ² / R ² korrigiert)	0,456 / 0,436		

bedarf (min/m³) für das Schälen oder Ritzen abschätzen lässt. Bei der Variante wird bei Schälen = 0 oder bei Ritzen = 1 eingesetzt. 90 % der Stückvolumina in den Studiendaten liegen im Bereich von 0,15 bis 0,65 m³, d.h. nur Werte in diesem Bereich sollten in der Funktion (1) verwendet werden. So reduziert die Variante Ritzen im Vergleich zum Schälen den Zeitbedarf um 4,34 min/m³, wobei der wahre Wert im Bereich -6,84 bis -1,85 mit 95%-Wahrscheinlichkeit liegt. Das bearbeitete Stückvolumen hat mit einem Koeffizienten von -18,86 einen sehr hohen Einfluss. Unter Verwendung der Funktion (1) ergibt sich so bei einem Stückvolumen von 0,25 m³ eine Zeit von 18,3 min/m³ für das Schälen bzw. 13,9 min/m³ beim Ritzen. Verdoppelt sich das Stückvolumen auf 0,5 m³, reduzieren sich die geschätzten Zeiten auf 13,6 min/m³ beim Schälen bzw. 9,2 min/m³ beim Ritzen.

Funktion (1):

$$\text{Zeitbedarf} = 22,99 - 4,34 * \text{Variante} - 18,86 * \text{Stückvolumen}$$

Diskussion

Der ermittelte Zeitbedarf für das Ritzen und Schälen lässt sich nicht mit den Ergebnissen von Thorn et al. (2016) vergleichen, da bei Thorn et al. (2016) alle Arbeitsschritte in der Studie inkludiert wurden, vom Abstocken bis zum Rindenbearbeiten. Zarges et al. (2023) geben für die streifenweise Entrindung mittels Motorsägenaufsatz ebenfalls unter Einbeziehung aller Arbeitsschritte eine Produktivität von 3,2 m³/h an. Eine Aufschlüsselung der Arbeitszeiten auf die einzelnen Arbeitsschritte erfolgt in den beiden genannten Studien leider nicht.

Unter Verwendung der aus den Studiendaten abgeleiteten Zeitbedarf-Schätzfunktion (1) ergeben sich bei einem mittleren Stückvolumen von 0,35 m³ ein Wert von 12,0 min/m³ und umgerechnet eine Produktivität von ca. 5,0 m³/h für das Ritzen. Beim Schälen ergeben sich Werte von 16,4 min/m³ und

3,7 m³/h beim selben Stückvolumen, was einer Reduktion des Zeitbedarfs für den Arbeitsschritt „Rindenbearbeitung“ von ca. 27 % entsprechen würde. Da die Rindenbearbeitung nur einen Teil der gesamten notwendigen Arbeitszeit einnimmt, darf dieser Prozentwert nicht auf die Kosten übertragen werden. Von einer ähnlich hohen Zeitersparnis mit 28 % beim Vergleich vollständigem zu streifenweisem Entrinden berichten Hohenadl und Wolf (2022), wobei die Autoren je nach Holzdimension Stundenleistungen von 0,7 bis 5,8 m³ angeben. Über die Schätzfunktion (1) dieser Studie ergeben sich, umgerechnet auf Produktivitäten, Werte von 3,8 m³/h bei einem Stückvolumen von 0,15 m³ und 9,4 m³/h bei einem Stückvolumen von 0,65 m³. Wendet man den in forstlichen Zeitstudien üblichen Faktor von 1,35 zur Berücksichtigung von Unterbrechungen bis zu 15 Minuten an, so ergeben sich Produktivitäten von 2,8 bis 7,0 m³/PSH15 (produktive Systemstunden inkl. Unterbrechungen bis 15 Minuten). Für die vorliegende Studie dürfte der Faktor eher bei 2,0 und die Produktivitäten im Bereich von 1,9 bis 5,2 m³/h liegen, da der Faktor 1,35 meist im Zusammenhang mit mechanisierter Holzernte und nicht mit reinen Motorsägearbeiten genannt wird.

Der Stichprobenumfang dieser Studie lässt nur eine eingeschränkte Verallgemeinerung der Ergebnisse im Hinblick auf das Produktivitätsniveau zu. Das relativ niedrige Bestimmtheitsmaß von knapp 44 % verdeutlicht das die Produktivitätswerte nur mit Vorsicht übertragbar sind. Für forstliche Arbeitsstudien übliche und gewünschte Werte von mindestens 60 % für das Bestimmtheitsmaß wurden zwar nicht erreicht, aber man kann von einer signifikanten Zeitersparnis beim Vergleich von Ritzen und Schälen ausgehen. Neben der Betrachtung des Zeitbedarfs, sollten in zukünftigen Studien zur motormanuellen Entrindung auch ergonomische Aspekte mitberücksichtigt werden.

Analog zum Zeitbedarf verringert sich auch der spezifische Treibstoffverbrauch beim Ritzen im Vergleich zum Schälen um 37 %. Auf Grund des relativ geringen Stichprobenumfangs wurde beim Treibstoffverbrauch auf eine tiefere statistische Analyse verzichtet.

Die Verwendung der Borkenkäferfräse zum Ritzen der Bloche wurde erstmalig im Betrieb getestet. Dementsprechend waren die Erfahrungen in der Handhabung noch gering. So wurde während der Aufnahmen gelegentlich beobachtet, dass die gleiche Rindenstelle mehrmals geritzt wurde, d.h. dass die Borkenkäferfräse mehrmals über die gleiche Stelle gezogen wurde. Dies könnte daran gelegen haben, dass das zu bearbeitende Bloch nicht immer so gedreht werden konnte, dass sich die Arbeitsbereiche nicht überlappten. Um keine Stellen unbearbeitet zu lassen, wurde ein doppeltes Ritzen in Kauf genommen. Die maximale Arbeitstiefe der Messer beträgt ca. 9 mm und sollte bei einer mittleren Rindenstärke von 6,7 mm und einer maximal gemessenen Rindenstärke von 10 mm einschränkend wirken.

Neben der eingesetzten Borkenkäferfräse mit den relativ schmalen Messern gibt es ein weiteres Anbaugerät mit der Bezeichnung „Streifenmesser Nationalpark Bayrischer Wald“.

Dieses Anbaugerät beruht auf dem Schälgerät, hat aber Messer mit einer Breite von 14 mm, um breitere Streifen in die Rinde zu fräsen. Möglicherweise erleichtern die breiteren Streifen das Erkennen bereits bearbeiteter Rindenflächen besser. In der Studie von Thorn et al. (2016) wurde wahrscheinlich eben dieses Anbaugerät eingesetzt.

Literatur

Andersson, A.E., 1952: Machine for removing bark from logs. US2623558A.

Bachinger, M. 2022: Motor-manuelle Entrindung gegen Borkenkäfer aus forsttechnischer Sicht. Bachelorarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, 58 S.

Hagge, J., Leibl, F., Müller, J., Plechinger, M., Soutinho, J.G., Thorn, S. 2019: Reconciling pest control, nature conservation, and recreation in coniferous forests. *Conservation Letters*, 12(2), e12615. <https://doi.org/10.1111/conl.12615>

Hohenadl, A., Wolf, J., 2022: Borkenkäfer - Das bringen Streifenmesser. *Landwirt*, 22, 76-79.

Holzleitner, F., Kanzian, C., 2022: Integrated in-stand debarking with a harvester in cut-to-length operations – processing and extraction performance assessment. *International Journal of Forest Engineering*, 33, 66-79. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.2013049>

Danksagung

Für die professionelle Durchführung der Arbeiten gebührt den Forstfacharbeitern Tobias Kirchwegger, Gerd Maderbacher und Konrad Oberbramberger vom Nationalparkbetrieb Kalkalpen der Österreichischen Bundesforste AG ein herzliches Dankeschön. Wir bedanken uns bei den Österreichischen Bundesforsten, insbesondere bei Frau Dr. Monika Kanzian und Jürgen Puschacher, für die finanzielle und praktische Unterstützung sowie das Interesse an dieser Arbeit.

Puschacher, J., Steyrer, G. Kammleitner, J., Hoch, G., 2024: Ritzen der Rinde von Fichtenstämmen als Werkzeug im integrierten Borkenkäfermanagement. *Forstschutz Aktuell*, 69, 22-28.

Thorn, S., Bässler, C., Bußler, H., Lindenmayer, D.B., Schmidt, S., Seibold, S., Wende, B., Müller, J. 2016: Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. *Forest Ecology and Management*, 364, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.044>

Vyplel, K. 1992: Entwicklung und Stand der mobilen Seilbringung in Österreich. In: Tresniowski, A. (Ed.), 26. Internationales Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Forsttechnik, 31-47.

Zarges, S., Thorn, S., Bußler, H., Siegler, H., Wolf, J., Hagge, J. 2023: Low accuracy bark gouging controls *Ips typographus* outbreaks while conserving non-target beetle diversity. *Forest Ecology and Management*, 548, 11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121399>

