

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 Gefriertrocknung 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

führten 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 Einzelbaumbene 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 Rußrindenkrankheit 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

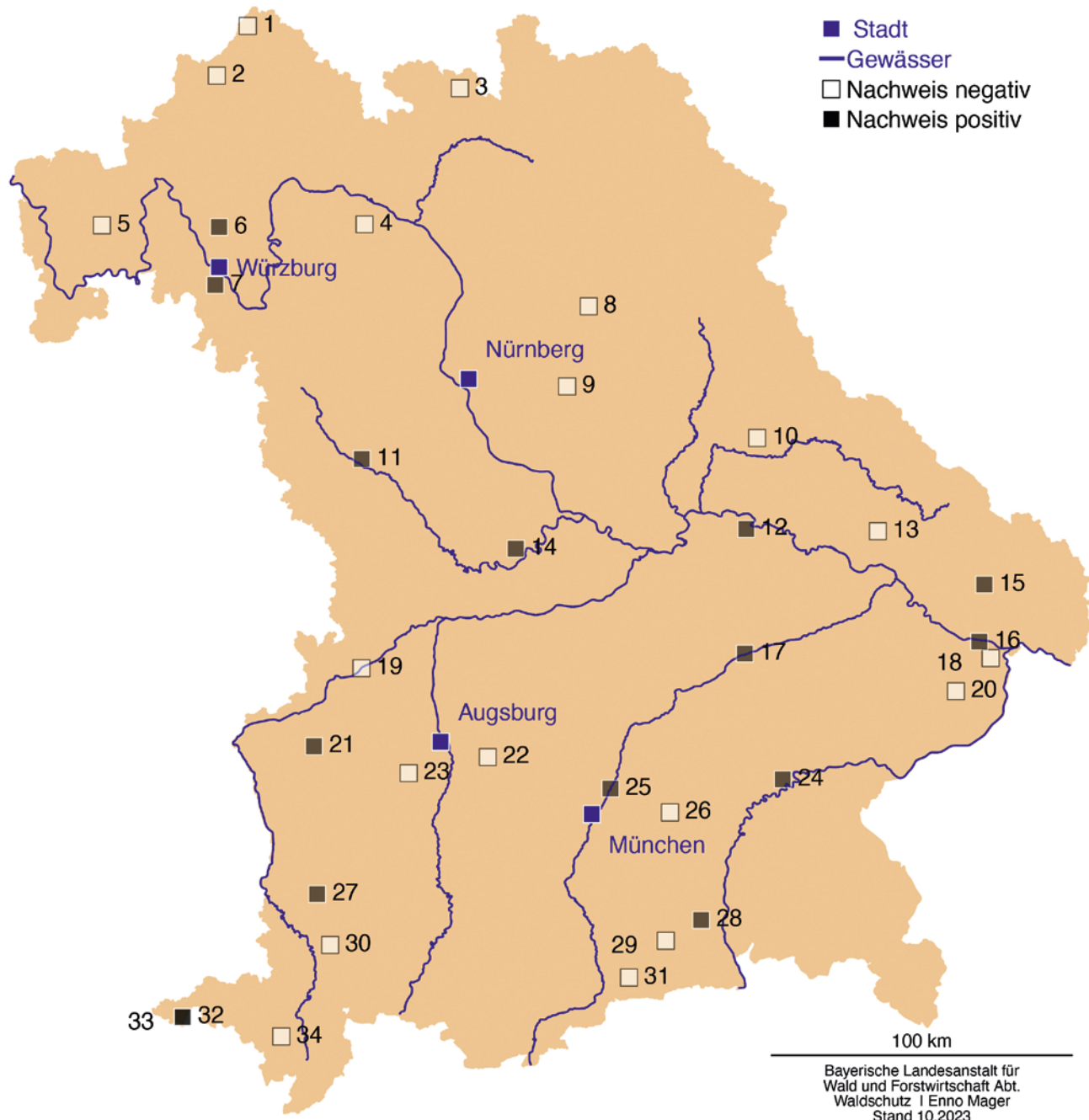


ABBILDUNG 4: Karte Bayerns mit den Positiv- und Negativnachweisen zur endophytischen Verbreitung von *Cryptostroma corticale*.
FIGURE 4: Map of Bavaria showing the results of the survey of an endophytic distribution of *Cryptostroma corticale*.

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. Alegría, 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.