

Bodenbürtige Krankheitserreger der Gattung *Phytophthora* als Gefährdungsfaktor für die Rotbuche in niederösterreichischen Laubwaldbeständen

Thomas L. Cech, Tamara Corcobado, Martin Brandstetter, Andreas Daxer, Christine Hüttler, Tomáš Kudláček, Marília Horta Jung, Thomas Jung

Abstract

Soil-borne pathogens of the genus *Phytophthora* as damaging factor for European Beech in broadleaved forest stands of Lower Austria

The occurrence of root pathogens of European beech (*Fagus sylvatica*) with the focus on *Phytophthora* in relation to crown- and stem-damage was studied in 34 forest stands in Lower Austria. Of these, 25 stands were infested by *Phytophthora*. Of in total seven recorded species, the thermophilic species *Phytophthora* *xcambivora*, *P. plurivora* and *P. cactorum* were most frequent. While *P. xcambivora* was mostly recorded on waterlogged sites with slightly acidic soil and never on carbonate sites, *P. plurivora* was isolated from rather alkaline soils. *Phytophthora cactorum* occurred independently from the substrate. *Phytophthora gonapodyides*, *P. syringae*, *P. psychrophila* and a new described species *P. tubulina* were recorded more rarely.

Crown thinning and stem lesions indicating damage to the root system and a substantial weakening of the tree

Kurzfassung | Auf 34 Waldstandorten in Niederösterreich wurde das Auftreten von *Phytophthora* im Zusammenhang mit Kronen- und Stammschäden an der Europäischen Buche (*Fagus sylvatica*) untersucht. *Phytophthora* wurde auf 25 Standorten nachgewiesen. Von insgesamt sieben Arten waren die wärmeliebenden Arten *Phytophthora* *xcambivora*, *P. plurivora* und *P. cactorum* am häufigsten. *Phytophthora* *xcambivora* trat vor allem auf vernässten und mäßig sauren Standorten und nie über Karbonatgestein auf, während *P. plurivora* eher aus basischen Böden isoliert wurde. *Phytophthora cactorum* erwies sich als nicht substratabhängig. Deutlich seltener wurden *P. gonapodyides*, *P. syringae*, *P. psychrophila* und eine neu beschriebene Art, *P. tubulina*, nachgewiesen.

In allen untersuchten Bestandestypen und Regionen Niederösterreichs mit Buchen wurden Kronenverlichtungen und Läsionen am Wurzelanlauf und am Stamm festgestellt. Vergleichende Untersuchungen des Kronenzustands, des Zustandes der Feinwurzeln und der Mykorrhizierung ergaben, dass die Feinwurzelschäden sowie das Ausmaß der Mykorrhizierung mit den Kronenverlichtungen assoziiert sind. Schwerpunkte der Verbreitung von *Phytophthora* fanden sich auf vernässten Standorten sowie im Nahbereich von Forststraßen und Forstwegen. Wenn sich die Klimaänderung neben einem kontinuierlichen Temperaturanstieg auch in einer Zunahme der Frequenz und der Dauer intensiver Niederschläge in der Vegetationsperiode manifestiert, sind ein Anstieg des Infektionsrisikos durch *Phytophthora* im Boden und somit eine Zunahme von Feinwurzelschäden zu erwarten. Im Falle von nachfolgenden, ausgedehnten Trockenperioden ist ein Zusammenbrechen von Buchenbeständen wahrscheinlich. Möglichkeiten phytosanitärer und waldbaulicher Maßnahmen werden diskutiert.

Schlüsselworte | Europäische Buche, *Fagus sylvatica*, *Phytophthora*, Niederösterreich

Einleitung

Die Europäische Buche (*Fagus sylvatica*) ist in Österreichs Wäldern nach der Fichte die zweithäufigste Baumart. In Niederösterreich stellt sie rund 14,5 % der Baumarten und immerhin 39 % der Laubgehölze (Schadauer et al. 2019). Buchendominierte Waldbestände finden sich in Niederösterreich bis in etwa 1500 m Seehöhe, vom Alpenvorland bis zu den nördlichen Randalpen. Die

Gesamtverbreitung zeigt ein weites Spektrum von Standortstypen, welche die breit gefächerten Temperatur- sowie Niederschlagsansprüche dieser Baumart widerspiegeln (Englisch 2006). Primär kommt die Buche in den natürlichen Waldgesellschaften Buchenwald, Fichten-Tannen-Buchenwald und Bergahorn-Eschenwald vor. Beigemischt ist sie im Eichen-Hainbuchenwald und Fichten-Tannenwald (Schadauer et al. 2006).

Allerdings wurde sie an vielen, für sie besonders geeigneten Standorten (mäßig trockene bis feuchte Standorte mit intermediärem bis sehr reichem Bodennährstoffhaushalt) durch die Fichte verdrängt (Englisch 2006). Dies führt aktuell angesichts des Rückganges der Fichte infolge der Klimaänderung und damit verbundenen Schädlingsauftreten europaweit zum Wechsel waldbaulicher Paradigmen (Überlegungen zum großflächigen Ersatz der Fichten durch Buchen). Abgesehen von dem hohen Potential dieser Baumart vor allem in montanen Mischwäldern (Fichten-Tannen-Buchen-Wald) und der gerade dort erwarteten Begünstigung der Buche durch den Temperaturanstieg (Englisch 2006) nehmen in tieferen Lagen infolge steigender abiotischer Stresseinwirkungen (einerseits Rückgang der Niederschläge, andererseits aber auch extreme sommerliche Regenperioden, hohe Sommertemperaturen) auch biotische Schädigungsfaktoren zu, von denen eine Begrenzung der Chancen für die Buche zu erwarten ist. So können trockene und heiße Sommer (wie z.B. 2003 oder 2018) die Buchen so schwächen, dass diese am Stamm von verschiedenen Borkenkäfern (*Taphrorychus bicolor*, *Ernoporus fagi*, *Trypodendron domesticum*, *Xyleborus dispar*) oder auch Prachtkäfern (*Agrilus viridis*) befallen werden und innerhalb weniger Monate absterben (Tomiczek et al. 2006, Muck 2008, Steyrer 2008, Tomiczek et al. 2008). Buchenbestände, die vermehrt starken Stürmen, Spätfrost, Eisbehang oder Hagelereignissen ausgesetzt sind, werden oft vom Pilz *Neonectria ditissima* (Obstbaumkrebs, Buchenzweigkrebs) befallen. Dieser wundparasitische Krankheitserreger löst Wucherungen an Zweigen und Ästen aus und kann bei Altbäumen zu erheblichen Kronenverlichtungen und bei Jungbuchen zum Absterben führen (Cech 2010).

Ein weiteres Syndrom wird allgemein unter dem Begriff Buchenkomplexkrankheit beschrieben. Dabei handelt es sich

um eine Kombination von Symptomen der Krone, verschiedenen stammschädigenden Insekten, Pilzen bzw. pilzartigen Organismen (*Phytophthora*) und dem Auftreten von Saftfluss am Stamm und an Wurzelanläufen (Cech und Jung 2005). Die kausalen Zusammenhänge der verschiedenen Faktoren sind aufgrund regionaler Unterschiede in der Zusammensetzung und Gewichtung der Faktoren allerdings oft schwer zu beurteilen (Tomiczek et al. 2006). Die Bedeutung von Krankheitserregern im Wurzelbereich ist dabei nicht erschöpfend geklärt.

Studie in Niederösterreich

Beobachtete Kronenschäden der Buche wie Verlichtung, reduzierte Blattgröße, Rückgang der Verzweigung (Abbildung 1) in weiten Teilen des Wienerwaldes und anderen Regionen in Niederösterreich waren Anlass zu einem Forschungsprojekt in Buchenbeständen Niederösterreichs mit dem Fokus auf der Erfassung des Gesundheitszustandes der Buchen. Die Projektarbeiten wurden von 2008 bis 2010 durchgeführt. Im vorliegenden Artikel werden die wichtigsten Ergebnisse der Studie und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen präsentiert. Die Ergebnisse sowie die Methoden sind im Detail bei Corcobado et al. (2020) beschrieben.

Ziele des Projektes waren die Analyse der in Wurzeln und im Stamm auftretenden Pathogene mit dem Schwerpunkt auf *Phytophthora*-Arten (Oomyzeten - Eipilze) sowie die Klärung vermuteter Zusammenhänge zwischen Krankheitserregern und den weit verbreiteten Kronenschäden. Letztere ließen einerseits latente Feinwurzelschäden durch bodenbürtige *Phytophthora*-Arten, andererseits auch primäre Trockenstress-Schäden mit sekundär auftretenden Wurzelpathogenen (Hallimasch und andere) sowie Käferbefall am Stamm und an Ästen als Ursache vermuten. Wurzelsysteme von Bäumen mit starker Kronenverlichtung

were recorded in all investigated stand types and regions of Lower Austria. Damage to fine roots and the quantity of mycorrhization are associated to crown thinning. *Phytophthora* occurred predominantly on water logged sites and in the vicinity of forest roads. In case climate change will result in a continuous temperature increase and in an increased frequency and duration of intense rainfall events during the vegetation period, an increased infection risk by *Phytophthora* in the soil and consequently an increase in fine root damage is expected. If these events are followed by extended drought periods a breakdown of beech-stands is likely to happen. Options of phytosanitary and silvicultural measures are discussed.

Keywords | European Beech, *Fagus sylvatica*, *Phytophthora*, Lower Austria



Abbildung 1: Buchen mit Kronensymptomen (a), Blattvergilbung (b, c), reduzierte Blattgröße, spärliche Beblätterung und Verlust von Fein-
zweigen (d).

Figure 1: Beech trees with crown-symptoms (a), leaf yellowing (b, c), reduced leaf size, sparse leaves and loss of fine-twigs (d).

und hohem Totastanteil wurden mit solchen von in der Krone weitgehend symptomlosen Bäumen biometrisch verglichen, wobei auch die Mykorrhizierung „erkrankter“ im Vergleich mit „gesunden“ Buchen untersucht wurde. Darüber hinaus wurde der Faktorenkomplex im Zusammenhang mit standorts- und bodenspezifischen Parametern sowie klimatischen Gegebenheiten analysiert. Ein weiteres Ziel der Arbeit war die Klärung des Einflusses der Bodentypen auf das Vorkommen der verschiedenen *Phytophthora*-Arten.

Methoden

Gesamt wurden 34 Untersuchungsflächen in Laubholz-Altbeständen im Wienerwald, im Alpenvorland, in den Voralpen, den niederösterreichischen Kalkalpen, der Buckligen Welt, im Waldviertel, im Weinviertel, im Leithagebirge und im Rosaliengebirge eingerichtet. Diese hatten eine Ausdehnung von 1 bis 8,6 ha und waren mit über 60-jährigen Rotbuchen bestockt. Auf allen Flächen traten bei Buchen Kronenverlichtungen in unterschiedlicher Intensität auf. Auf 24 Flächen wurde das Auftreten von



Phytophthora (Läsionen und Saftfluss am Stamm und Wurzelanlauf) bei jeweils bis zu 500 Buchen überprüft. Auf zehn Intensiv-Untersuchungsflächen wurden zusätzlich detaillierte Untersuchungen an jeweils sechs Einzelbäumen (drei mit und drei ohne Kronensymptome) durchgeführt, wobei *Phytophthora*-Nachweise im Boden, wurzelbiometrische Analysen, Untersuchungen der Mykorrhizierung sowie Bodenanalysen im Vordergrund standen. Bei den Einzelbäumen wurden Krankheitssymptome am Stamm und an Wurzeln taxiert sowie Insektenschäden und Pilze erfasst (Läsionen, Wunden, Sonnenbrand etc.). Die Analyse der in

den Läsionen an Stamm und Wurzeln vorhandenen *Phytophthora*-Arten erfolgte mittels Isolierung aus absterbenden Geweben aktiver Läsionen (frischer Saftfluss und frisch abgestorbener bzw. absterbender Rand der Läsion). *Phytophthora* im Boden wurde mittels Ködertests mit Bodenmaterial aus dem Wurzelraum der Probestämme und nachfolgender Isolierung nachgewiesen. Zusätzlich kamen zur Identifikation molekulare Methoden zur Anwendung. Insgesamt wurden auf 27 der 34 Flächen Gewebe- und Bodenproben auf Vorhandensein von *Phytophthora* untersucht. Weiters wurden Wurzelproben von

Abbildung 2: Buchen mit Saftfluss am Stamm als Symptom des flächig absterbenden Rindengewebes (Läsionen): Läsionen vom Wurzelsystem aus aufwachsend (a, b, c) und Läsionen mit Saftfluss auf Wurzelanläufen (d, e).

Figure 2: Beech trees with sap exudations at the stem resulting from bark lesions: lesions extending upwards from the root system (a, b, c), lesions and sapflow at the collar and on coarse roots (d, e).



Abbildung 3: Lokal begrenzte Läsionen in höheren Stammregionen (a, b), aktive *Phytophthora*-Läsion nach Entfernung der äußeren Rindenschichten als orange-braune Fläche erscheinend (c), lokale Infektionsstellen von *Phytophthora* an Wurzeln (d) und Buche mit *Phytophthora*-Läsion im Nahbereich einer Forststraße (e).

Figure 3: Local bark lesions in higher stem regions (a, b), active *Phytophthora*-lesions (orange-brown areas) after removal of the outer bark layers (c), local infections of *Phytophthora* on roots (d), and beech with *Phytophthora*-lesion next to a forest road (e).

Buchen mit und ohne verlichtete Kronen biometrisch verglichen (Jung et al. 2000), um zu überprüfen, wieweit eine Verarmung des Feinwurzelanteils mit den Kronenschäden in Zusammenhang steht. Im Anschluss an die wurzelbiometrischen Analysen wurde die Mykorrhizierung verglichen. Im Jahr 2009 erfolgte eine Aufnahme standörtlicher Daten auf den Intensiv-Untersuchungsflächen durch das Institut für Waldökologie und Boden des BFW.

Symptome am Stamm und an Wurzeln

Für *Phytophthora*-Befall typische Symptome am Stamm (Läsionen am Stamm inklusive solcher im Bereich des Wurzelhalses) traten bei 133 von insgesamt 6464 Buchen auf, und zwar auf 25 von 34 Flächen (Tabelle 1). Wurzelhals-Läsionen (Abbildung 2) wurden auf 24

der 34 Flächen bei 87 Buchen dokumentiert (Tabelle 1). Isolierte Läsionen am Stamm ohne Verbindung zum Wurzelraum (aerial canker, Abbildung 3a und 3b) wurden auf 13 Flächen bei 46 Buchen registriert (Tabelle 1). An den vier höchst gelegenen Standorten in den niederösterreichischen Kalkvoralpen fanden sich keine Stammläsionen mit Saftfluss.

Auf vier Flächen wurde ein gehäuftes Auftreten von Buchen mit Wurzelhals-Läsionen und *Phytophthora*-Befall entlang von Forstwegen beobachtet (Abbildung 3). Darüber hinaus fanden sich auf drei Flächen viele vom Wind geworfene Buchen mit stark geschädigten Feinwurzeln. Alle drei Flächen waren durch temporär staunasse Böden mit hohem Tongehalt charakterisiert.

In einigen Beständen wurden in Läsionen mit nachgewiesenem Befall durch *P. xambivora* (Wurzelhalsbereich)

Fläche Nr.	Seehöhe	Gesamtzahl überprüfter Buchen	Fläche (ha)	Bäume mit Wurzelhalsläsionen	Bäume mit isolierten Läsionen am Stamm (aerial canker)	Bäume mit <i>Phytophthora</i> -typischen Läsionen gesamt
F01	416	300	1,0	1,0	0	1 (0,3 %)
F02	992	200	2,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F03	231	300	1,0	1,0	1	2 (0,7 %)
F04	414	200	3,0	9,0	0	9 (4,5 %)
F05	611	300	1,5	0,0	0	0 (0,0 %)
F06	312	299	1,0	2,0	2	4 (1,3 %)
F07	522	300	2,5	4,0	1	5 (1,7 %)
F08	549	250	2,0	1,0	0	1 (0,4 %)
F09	1061	300	5,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F10	531	350	1,0	8,0	2	10 (2,9 %)
F11	383	300	2,0	1,0	0	1 (0,3 %)
F12	403	50	1,0	10,0	0	10 (20,0 %)
F13	348	30	1,0	3,0	0	3 (10,0 %)
F14	379	300	8,6	0,0	0	0 (0,0 %)
F15	386	100	1,1	3,0	0	3 (3,0 %)
F16	527	100	1,0	9,0	1	10 (10,0 %)
F17	643	500	2,0	2,0	0	2 (0,4 %)
F18	400	100	4,6	1,0	1	2 (2,0 %)
F19	402	100	2,3	2,0	0	2 (2,0 %)
F20	503	50	1,0	1,0	3	4 (8,0 %)
F21	302	60	1,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F22	574	70	1,0	1,0	1	1 (1,4 %)
F23	968	100	1,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F24	440	155	3,0	13,0	2	15 (9,7 %)
F25	541	200	3,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F26	579	300	4,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F27	641	50	1,0	7,0	0	7 (14,0 %)
F28	471	100	1,0	0,0	2	2 (2,0 %)
F29	604	200	1,0	1,0	0	1 (0,5 %)
F30	404	300	5,0	3,0	20	23 (7,7 %)
F31	409	50	1,0	1,0	9	10 (20,0 %)
F32	480	50	1,0	1,0	0	1 (2,0 %)
F33	1255	300	3,0	0,0	0	0 (0,0 %)
F34	343	100	2,3	2,0	1	3 (3,0 %)
Gesamt		6464	72,9	87 (1,3 %)	46 (0,7 %)	133 (2,1 %)

Tabelle 1: Anzahl der Buchen mit für *Phytophthora* typischen Symptomen am Stamm.

Table 1: Number of beech trees with characteristic *Phytophthora* symptoms on the stem; plot number (= Fläche Nr.), altitude (= Seehöhe), total number of beeches investigated (= Gesamtzahl überprüfter Buchen), plot size in ha (= Fläche (ha)), trees with collar lesions (= Bäume mit Wurzelhalsläsionen), trees with isolated cankers (aerial cankers) on the stem (= Bäume mit isolierten Läsionen am Stamm (aerial cankers)), trees with *Phytophthora* typical lesions in total (= Bäume mit *Phytophthora*-typischen Läsionen gesamt).

Tabelle 2: Nachgewiesene *Phytophthora*-Arten (n.d. = keine Isolierungen durchgeführt).

Table 2: *Phytophthora* species recorded (n.d. = no isolations performed).

Plot number (= Fläche Nr.),
isolation from lesions, number of trees (= Nachweis aus Läsionen, Anzahl Bäume),
isolation from soil, number of trees (= Nachweis aus Boden, Anzahl Bäume).

Fläche Nr.	<i>Phytophthora</i>	Nachweis aus Läsionen, Anzahl Bäume	Nachweis aus Boden, Anzahl Bäume
F01	<i>P. ×cambivora</i>	0	1
F02	0	0	0
F03	<i>P. plurivora</i>	1	1
F03	<i>P. syringae</i>	0	1
F04	<i>P. ×cambivora</i>	0	2
F05	<i>P. plurivora</i>	0	1
F06	<i>P. cactorum</i>	1	2
F06	<i>P. psychrophila</i>	0	1
F07	<i>P. ×cambivora</i>	0	1
F08	<i>P. plurivora</i>	1	1
F09	0	0	0
F10	<i>P. ×cambivora</i>	1	1
F11	<i>P. ×cambivora</i>	1	n.d.
F12	<i>P. ×cambivora</i>	4	n.d.
F13	0	n.d.	n.d.
F14	<i>P. ×cambivora</i>	n.d.	1
F15	<i>P. ×cambivora</i>	1	n.d.
F16	<i>P. ×cambivora</i>	6	n.d.
F17	<i>P. plurivora</i>	2	n.d.
F18	<i>P. ×cambivora</i>	2	n.d.
F19	<i>P. gonapodyides</i>	n.d.	1
F19	<i>P. plurivora</i>	n.d.	1
F19	<i>P. tubulina</i>	n.d.	1
F19	<i>P. ×cambivora</i>	n.d.	1
F20	0	n.d.	n.d.
F21	0	n.d.	n.d.
F22	<i>P. cactorum</i>	n.d.	1
F23	0	n.d.	n.d.
F24	<i>P. ×cambivora</i>	0	1
F25	0	n.d.	n.d.
F26	0	n.d.	n.d.
F27	<i>P. ×cambivora</i>	1	n.d.
F28	<i>P. plurivora</i>	n.d.	2
F29	<i>P. ×cambivora</i>	1	n.d.
F30	<i>P. cactorum</i>	n.d.	1
F30	<i>P. plurivora</i>	n.d.	1
F31	<i>P. ×cambivora</i>	n.d.	1
F32	<i>P. plurivora</i>	1	n.d.
F33	0	n.d.	n.d.
F34	<i>P. cactorum</i>	n.d.	1
F34	<i>P. ×cambivora</i>	1	
Gesamt		24	25

Bohrgänge von Borkenkäfern (vor allem *Taphrorychus bicolor*) festgestellt. Auf diesen Flächen waren auch auf verholzten Wurzeln zahlreiche *Phytophthora*-typische Läsionen zu erkennen (Abbildung 2d).

Nachweis von *Phytophthora*-Arten

Phytophthora-Arten wurden insgesamt auf 25 der 34 Flächen nachgewiesen (Tabelle 2). Folgende sieben Arten wurden identifiziert: *P. ×cambivora*, *P. plurivora*, *P. cactorum*, *P. gonapodyides*, *P. syringae*, *P. psychrophila* und *P. tubulina*. Am häufigsten war *P. ×cambivora*, gefolgt von *P. plurivora* und *P. cactorum*. Die fünf anderen Arten wurden jeweils nur auf einer der Flächen nachgewiesen (Tabelle 2). *Phytophthora tubulina* wurde als neue Art beschrieben (Jung et al. 2017).

Geologie und Einflüsse des Substrates auf das Vorkommen von *Phytophthora*

Die Flächen verteilten sich auf sechs Grundgesteinstypen. Bei zehn Flächen war der Untergrund Kalk, bei neun Tonstein, bei acht Gneis/Grandiorit, bei fünf Sandstein, bei drei Schiefer und bei einer alluviale Ablagerungen. *Phytophthora* wurde zwar in allen Grundgesteinstypen nachgewiesen, doch ergaben sich Unterschiede bei den einzelnen Arten. Die statistische Analyse der Daten mittels kanonischer Korrespondenzanalyse zeigte, dass etwa 30 % der Variabilität der Verbreitung der *Phytophthora*-Arten durch den geologischen Untergrund erklärt werden konnten. Verglichen mit anderen ökologischen Studien ist

dieser Wert für einen einzelnen Faktor ausgesprochen hoch.

Phytophthora x cambivora war schwerpunktmäßig an temporär vernässten Standorten (Quellaustritt, Muldenlagen) und auf eher sauren Böden (pH CaCl₂ 3,8-4,2) mit toniger bzw. sandiger Textur (auf Tonstein, Gneis, Granodiorit und Sandstein) sowie in Böden auf Schiefer anzutreffen. Die Art wurde nie in Karbonatgesteinböden nachgewiesen.

Im Gegensatz dazu wurde *P. plurivora*, die zweithäufigste nachgewiesene Art, sowohl aus Böden auf Gneis, Schiefer wie auch auf Kalk sowie aus tonigen Sanden mit einem pH-Wert zwischen 3,7 und 7,5 isoliert. *Phytophthora cactorum* wurde sowohl auf Tonstein, Karbonat oder Schiefer nachgewiesen.

Kronenverlichtung, Wurzelparameter und *Phytophthora*

Die Intensität der Kronenverlichtung war bei den als „krank“ angesprochenen Buchen auf Flächen, wo *Phytophthora* nachgewiesen wurde, um 38 % höher als bei den „gesunden“ Buchen. Demgegenüber war dieser Unterschied auf den Flächen, wo *Phytophthora* nicht nachgewiesen wurde, nur 23 %.

In allen *Phytophthora*-infizierten Beständen war der Feinwurzelnzustand der „gesunden“ Buchen ohne Kronenverlichtung besser als derjenige von „kranken“ Buchen mit starken Verlichtungen. Dies war zwar auch in den *Phytophthora*-freien Flächen der Fall, doch war dort der Unterschied deutlich geringer. Sowohl auf

Pilzart		Wurzelhals-Läsionen	Aerial canker	Sonnenbrand	mechanische Schäden an Starkwurzeln	mechanische Schäden am Stamm	Totholz in der Krone
Angebrannter Rauchporling	<i>(Bjerkandera adusta)</i>	x					
Austernseitling	<i>(Pleurotus osteratus)</i>	x					
Beringter Schleimrübling	<i>(Oudemansiella mucida)</i>	x	x				
Brandkrustenpilz	<i>(Kretzschmaria deusta)</i>	x				x	x
Buckel-Tramete	<i>(Trametes gibbosa)</i>	x			x		
Feuerschwamm	<i>(Phellinus igniarius)</i>	x					
Hallimasch	<i>(Armillaria spp.)</i>	x					
Kohlenbeere	<i>(Hypoxylon spp.)</i>	x					x
Obstbaumkrebs	<i>(Neonectria ditissima)</i>		x				
Pustelpilz	<i>(Neonectria spp.)</i>	x			x	x	
Rotbuchen-Rindenkugelpilz	<i>(Biscogniauxia nummularia)</i>	x				x	
Rotrandiger Baumschwamm	<i>(Fomitopsis pinicola)</i>	x					x
Schichtpilz	<i>(Stereum sp.)</i>	x					
Schmetterlingstramete	<i>(Trametes versicolor)</i>	x					
Schuppiger Porling	<i>(Polyporus squamosus)</i>	x	x				
Spaltblättling	<i>(Schizophyllum commune)</i>	x		x	x	x	
Spechtloch-Schillerporling	<i>(Inonotus nidus-pici)</i>		x				
Striegelige Tramete	<i>(Trametes hirsuta)</i>	x			x		
Tramete	<i>(Trametes spp.)</i>	x					
Vielgestaltige Holzkeule	<i>(Xylaria polymorpha)</i>	x					
Vierfrüchtige Quaternaria	<i>(Eutypella quaternata)</i>					x	
Violetter Schichtpilz	<i>(Chondrostereum purpureum)</i>	x					
Zunderschwamm	<i>(Fomes fomentarius)</i>	x	x				x

Tabelle 3: Mit verschiedenen Symptomen und Schäden assoziierte Pilzarten.

Table 3: Fungal species associated with different symptoms and injuries; fungal species (= Pilzart), collar lesions (= Wurzelhals-Läsionen), aerial canker (= isolierte Läsionen am Stamm), sunscorch (= Sonnenbrand), mechanical damage to coarse roots (= mechanische Schäden an Starkwurzeln), mechanical damage to the stem (= mechanische Schäden am Stamm), deadwood in the crown (= Totholz in der Krone).

den mit *Phytophthora* infizierten wie auf den *Phytophthora*-freien Flächen war die Mykorrhizierung der Wurzelspitzen bei Buchen ohne Kronenschäden höher als bei Buchen mit Kronenschäden.

Befall durch Pilze

An 21 der 34 Standorte wurde eine Reihe von Pilzarten nachgewiesen, die mit *Phytophthora*-Läsionen assoziiert waren (Tabelle 3). Mit dem Auftreten von Wurzelhalsfäulen (Fruchtkörper auf Rindenläsionen bzw. am Stammholz) war Hallimasch (*Armillaria* spp.) an zwölf Standorten, gefolgt vom Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) an zehn Standorten am häufigsten assoziiert. Eine Besiedlung des Holzes durch den Spaltblättling (*Schizophyllum commune*) war auch häufig mit Sonnenbrandschäden an der Südseite von Buchenstämmen verbunden (Tabelle 3).

Mit isolierten Stammläsionen (aerial canker durch *Phytophthora*) waren Zunderschwamm, Spechtloch-Schillerporling (*Inonotus nidus-pici*), Beringter Schleimrübling (*Oudemansiella mucida*), Obstbaumkrebs (*Neonectria ditissima*) und Schuppiger Porling (*Polyporus squamosus*) assoziiert (Tabelle 3).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Studie ergab eine weite Verbreitung von für *Phytophthora* typischen Krankheitssymptomen und bodenbürtigen *Phytophthora*-Arten. Die Gesamtzahl der in Buchenbeständen nachgewiesenen *Phytophthora*-Arten war mit sieben im internationalen europäischen Vergleich hoch. So wurden in Bayern, das flächenmäßig etwa dreimal so groß ist wie Niederösterreich, im Zuge früherer vergleichbarer Studien neun Arten, in Italien zehn und in 13 weiteren europäischen Staaten zwischen einer und sechs Arten identifiziert.

Die drei in den niederösterreichischen Buchenbeständen häufigsten Arten, *P. xambivora*, *P. plurivora* und *P. cacto-*

rum, sind nach derzeitigem Wissensstand als in Europa nicht heimische, invasive Arten anzusehen. Gerade bei *P. plurivora* weist die weite, vorwiegend symptomlose Verbreitung in verschiedenen asiatischen Ländern (Japan, Nepal, Yunnan (China) und Taiwan) und die hohe Diversität dieser Art in Asien auf einen asiatischen Ursprung hin. Von den seltener nachgewiesenen *Phytophthora*-Arten sind *P. gonapodyides*, *P. psychrophila* und vermutlich *P. tubulina* europäischen Ursprungs.

Als Ursache für die starke Ausbreitung dieser Wurzelpathogene ist größtenteils die unbeabsichtigte Verschleppung mit verseuchtem Pflanzenmaterial auch anderer Baumarten anzusehen. Die fast ubiquitäre Infektion von Pflanzenproduktionsflächen mit *P. xambivora*, *P. plurivora*, *P. cactorum* und mehr als 50 weiteren *Phytophthora*-Arten ist die Hauptvoraussetzung für die Verbreitung in Waldökosysteme (Jung et al. 2016). Allerdings kommen noch weitere, in Europa oft übersehene Ausbreitungswege dazu, die auch auf den Menschen zurückzuführen sind. So weist die auf einigen Untersuchungsflächen beobachtete Konzentration von Buchen mit *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule entlang von Forstwegen auf eine mögliche Einschleppung mit waldfremdem Material als Straßenbelag hin. Abfälle von Erdmaterial aus Gärten, vermischt mit Ziegel- und Bauschutt, sind eine sehr wahrscheinliche Quelle nicht nur von Neophyten, sondern auch von Krankheitserregern. Weitere mögliche Verbreitungswege sind Reifen oder Ketten von Fahrzeugen sowie Forstmaschinen und letztlich auch Schuhwerk (Shearer et al. 1989, Hansen et al. 2000).

Der Nachweis der Besiedlung primärer *Phytophthora*-Läsionen durch den Borkenkäfer *Taphrorychus bicolor* wirft die Frage auf, ob diese Käferart ihrerseits als sekundärer Vektor für *Phytophthora* fungieren kann. Ebenso ist nicht auszuschließen, dass bestimmte Schnecken-

arten *Phytophthora*-Keime im Zuge ihrer Wanderung auf Buchenstämmen verbreiten (El-Hamalawi und Menge 1996, Jung 2009) und so Infektionen verursachen, die zu Läsionen weiter oben am Stamm (aerial canker) führen.

Zusätzlich zu den in der vorliegenden Studie aufgezeigten Zusammenhängen zwischen *Phytophthora*-Läsionen und sekundären Fäule-Erregern soll nicht unerwähnt bleiben, dass gerade in den forstwirtschaftlich intensiv genutzten Beständen eine große Zahl von Verletzungen unterschiedlichster Art (Steinschlagsschäden, Fällschäden, Sturmschäden, Eisbehang, Sonnenbrand etc.) festgestellt wurden, die für eine Vielzahl von Pilzarten ebenfalls Eintrittspforten darstellen.

Die Frequenz der Mykorrhizierung der Feinwurzelspitzen war bei den Buchen ohne Kronenschäden höher als bei den geschädigten. Auf den Flächen mit relativ einheitlichem Baumbestand fand sich jedoch kein ökologischer Faktor zur Erklärung der Unterschiede in der Mykorrhizierungsfrequenz. *Phytophthora* kann die Intensität der Mykorrhizierung beeinträchtigen, doch ist dies nicht bei jeder Baumart und nicht bei jeder *Phytophthora*-Art gleich (Montecchio et al. 2004, Corcobado et al. 2014). Um diese Zusammenhänge im gegenständlichen Fall erschöpfend zu klären, wären umfangreichere Analysen sowie vor allem eine Typifizierung der Mykorrhizen erforderlich.

Mit 2002 und 2003 gingen der Studie zwei Jahre mit besonderen Temperatur- und Niederschlagskonstellationen voraus. Nach extremen Niederschlagsmengen in der zweiten Jahreshälfte 2002 folgte 2003 ein überaus trockener und heißer Sommer. Danach waren die meisten Probestellen von 2004 bis 2006 überdurchschnittlichen Spätwinter- und Frühjahrsniederschlägen ausgesetzt, wohingegen die Sommermonate 2004 und 2006 heißer und trockener als im langjährigen Durchschnitt waren. Mehrere Klimamodelle prognostizieren für Europa

neben einem kontinuierlichen Temperaturanstieg eine deutliche Zunahme der Frequenz und der Dauer sowohl heftiger Sommerniederschläge wie extremer sommerlicher Trockenperioden. Bei diesen Änderungen ist zu erwarten, dass insbesondere die invasiven wärmeliebenden *Phytophthora*-Arten wie etwa *P. xambivora*, *P. cactorum*, *P. cinnamomi*, *P. niederhauserii*, *P. multivora* und *P. plurivora* gegenüber den einheimischen, an kühlere Temperaturen angepassten Arten (*P. castanetorum*, *P. psychrophila*, *P. pseudosyringae*, *P. tubulina* und *P. vulcanica*) begünstigt werden. Dies könnte erklären, warum *P. pseudosyringae*, die in mehreren europäischen Ländern mit Schäden an Rotbuchen assoziiert ist und als wahrscheinlich ursprünglich europäische Art gilt, in der gegenständlichen Studie nicht nachgewiesen wurde. Dies ist vielleicht mit der Dominanz der genannten drei Arten und der Verdrängung autochthoner Arten aus den Waldböden zu erklären: Diesbezügliche konkurrenzbedingte Verschiebungen im Artenspektrum könnten auch durch steigende Temperaturen vor allem in den Wintermonaten zu erklären sein, von denen viele der invasiven Arten, wie z.B. *P. cinnamomi*, profitieren (Jung et al. 2018).

Um zukünftige *Phytophthora*-Epidemien in den niederösterreichischen Buchenbeständen zu vermeiden, muss einerseits der kontinuierlichen Ausbreitung durch den Menschen Einhalt geboten werden und andererseits auch auf Standortansprüche der Rotbuche im Lichte der klimabeeinflussten Bedrohung durch Krankheitserreger geachtet werden. Eine Vermeidung der Verschleppung von *Phytophthora*-Arten durch den Menschen wird am leichtesten durch die Förderung der Naturverjüngung zu erreichen sein. Bei künstlicher Bestandesbegründung ist die Verwendung von *Phytophthora*-freiem Pflanzenmaterial erstes Gebot. Dies gilt auch für andere Gehölze, mit denen *Phytophthora* verbreitet werden kann. Weiters sollten nur

Thomas L. Cech,
Martin Brandstetter,
Andreas Daxer,
Christine Hüttler,
Bundesforschungszentrum für
Wald, Institut für Waldschutz,
Seckendorff-Gudent-Weg 8,
1131 Wien, Österreich,
Tel.: +43-1-87838 1102,
thomas.cech@bfw.gv.at
martin.brandstetter@bfw.gv.at
andreas.daxer@bfw.gv.at
christine.huettler@bfw.gv.at

Tamara Corcobado,
Tomáš Kudláček,
Marília Horta Jung,
Thomas Jung,
Phytophthora Research Centre,
Mendel Universität Brno,
Zemědělská 1,
61300 Brno, Tschechien
Tel. +42-0-5451 361 72,
tamara.sanchez@mendelu.cz
kudlak@seznam.cz
marilia.jung@mendelu.cz
thomas.jung@mendelu.cz

geeignete Buchenstandorte ausgewählt werden, wobei der geologische Untergrund und die standörtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen sind. Ein Eintrag der Keime über Erdmaterial (wie Material aus dem urbanen Bereich, kontaminierte Erde in Ketten von Harvestern, Reifen von Traktoren und Geländefahrzeugen, Schuhwerk) muss ebenfalls vermieden werden und jegliche Deponie von Pflanzenabfällen aus dem urbanen Bereich im Wald ist zu unterlassen. Schließlich sollte eine schonende Waldwirtschaft betrieben werden, bei der Stamm- und Wurzelverletzungen aller Art vermieden und die Vitalität der Buchen gefördert werden.

Danksagung

Die Finanzierung des Projektes „Buchenkomplexkrankheit, Wurzel- und Stammkrankheiten der Buche in niederösterreichischen Laubholzbeständen nach klimatischen Extremereignissen (CODIBE), Proj.Nr. 100342/2“ erfolgte in dankenswerter Weise durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (aktuell: Bundesministerium für Landwirtschaft, Re-

gionen und Tourismus), die niederösterreichische Landesregierung und das tschechische Ministerium für Erziehung, Jugend und Sport sowie den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung für die Kofinanzierung des Projektes Phytophthora Research Centre Reg. No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/0000453. Die Autoren sind den Waldeigentümern und Forstverwaltern für die bereitwillige Unterstützung bei der Flächenauswahl sowie die Ermöglichung der Untersuchungen in den Buchenbeständen zu besonderem Dank verpflichtet: Forstverwaltung Liechtenstein, Neulengbach; Österreichische Heeresforste, HFV Allentsteig, Außenstelle Bruckneudorf; Forstverwaltung Kleinmariazell, Altmärk-Thenneberg; Gutmann'sche Forstverwaltung, Gföhl; Waldamt Zisterzienserstift Zwettl; Agrargemeinschaft Rossatz, Rossatz; Forstbetrieb Lilian Tuider, Thernberg; Österreichische Bundesforste AG, Purkersdorf; Forstverwaltung Stift Seitenstetten, Seitenstetten. DI Rainer Reiter und seinem Team vom Institut für Waldökologie und Boden des BFW sei für die umfassenden Bodenanalysen gedankt.



Literatur

- Cech, T. L. 2010: Aktuelle Pilzkrankheiten an Bäumen in Österreich 2010. Forstschutz Aktuell, Wien, 50: 7-10.
- Cech, T. L., Jung, T. 2005: *Phytophthora*-Wurzelhalsfäulen an Buchen nehmen auch in Österreich zu. Forstschutz Aktuell, Wien, 34: 7-8
- Corcobado, T., Cech, T. L., Brandstetter, M., Daxer, A., Hüttler, C., Kudláček, T., Horta Jung, M., Jung, T. 2020: Decline of European Beech in Austria: Involvement of *Phytophthora* spp. and Contributing Biotic and Abiotic Factors. Forests, 11: 895.
- Corcobado, T., Vivas, M., Moreno, G., Solla, A. 2014: Ectomycorrhizal symbiosis in declining and non-declining *Quercus ilex* trees infected with or free of *Phytophthora cinnamomi*. For. Ecol. Manag., 324: 72–80.
- El-Hamalawi, Z. A., Menge, J. A. 1996: The role of snails and ants in transmitting the avocado stem canker pathogen, *Phytophthora citricola*. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 121: 973–977.
- Englisch, M. 2006: Die Rotbuche – ein Baumartenportrait. BFW-Praxisinformation, Wien, 12: 3-4.
- Hansen, E. M., Goheen, D. J., Jules, E. S., Ullian, B. 2000: Managing Port–Orford–Cedar and the introduced pathogen *Phytophthora lateralis*. Plant Dis., 84: 4–14.
- Jung, T. 2009: Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. For. Pathol., 39: 73–94.
- Jung, T., Blaschke, H., Oswald, W. 2000: Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. Plant Pathol. 49: 706–718.
- Jung, T., Durán, A., Sanfuentes von Stowasser, E., Schena, L., Mosca, S., Fajardo, S., González, M., Navarro Ortega, A. D., Bakonyi, J., Seress, D. et al. 2018: Diversity of *Phytophthora* species in Valdivian rainforests and association with severe dieback symptoms. For. Pathol., 48: <https://doi.org/10.1111/efp.12443>.
- Jung, T., Horta Jung, M., Cacciola, S. O., Cech, T., Bakonyi, J., Seress, D., Mosca, S., Schena, L., Seddaiu, S., Pane, A. et al. 2017: Multiple new cryptic pathogenic *Phytophthora* species from Fagaceae forests in Austria, Italy and Portugal. IMA Fungus 8: 219–244.
- Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A. G., Aguin Casal, O., Bakonyi, J., Cacciola, S. O., Cech, T., Chavarriaga, D. et al. 2016: Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. For. Pathol. 46: 134–163.
- Montecchio, L., Causin, R., Rossi, S., Mutto Accordi, S. 2004: Changes in ectomycorrhizal diversity in a declining *Quercus ilex* coastal forest. Phytopathol. Mediterr. 43: 26–34.
- Muck, M. 2008: Verstärktes Auftreten des Kleinen Buchenborkenkäfers in Bayern – Aktuelle Erkenntnisse zur Schwärmaktivität und zum Befallsverhalten in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Holzfeuchte. Forstschutz Aktuell, Wien, 45: 6-8.
- Schadauer, K., Büchsenmeister, R., Schodterer, H. 2006: Aktuelle und potenzielle Verbreitung der Buche in Österreich. BFW-Praxisinformation, Wien, 12: 8-9.
- Schadauer, K., Freudenschuß, A., Zaunbauer, F., Matzik, H. 2019: Zwischenauswertung der ÖWI 2016/18 - Niederösterreich. https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/Niederoesterreich_OEWL_16_18.pdf (Zugriff: 24.6.2021).
- Shearer, B. L., Tippett, J. T. 1989: Jarrah Dieback: The Dynamics and Management of *Phytophthora cinnamomi* in the Jarrah (*Eucalyptus marginata*) Forests of South-Western Australia. Department of Conservation and Land Management, Perth, Australia: 76 S.
- Steyrer, G. 2008: Buchenborkenkäfer: Projekt im Biosphärenpark Wienerwald. Forstschutz Aktuell, Wien, 45: 9-11.
- Tomiczek, C., Cech, T. L., Fürst, A., Hoyer-Tomiczek, U., Krehan, H., Perny, B., Steyrer, G. 2008: Forstschuttsituation 2007 in Österreich. Forstschutz Aktuell, Wien, 42: 3-7.
- Tomiczek, C., Perny, B., Cech, T. L. 2006: Zur Waldschuttsituation der Buche. BFW Praxisinformation, Wien, 12: 19-21.