



# Pilzliche Schäden an der Rotbuche

Seit 2019 werden an den Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten in Freiburg (FVA BW) und Göttingen (NW-FVA) Projekte zur Untersuchung der Buchenvitalitätsschwäche bearbeitet. In diesem Rahmen wurden Versuche zum Nachweis der Pathogenität (NW-FVA) und zum Holzfäulepotenzial (FVA BW) beteiligter Pilze durchgeführt.

TEXT: JAN-SÖREN TROPF, STEFFEN BIEN, LOUISA EURICH, JÖRG GRÜNER, GITTA JUTTA LANGER

**D**ie Buchenvitalitätsschwäche ist, neben der Buchen-Rindennekrose und dem Befall mit *Phytophthora*, eine der wichtigsten komplexen Erkrankungen der Rotbuche in Deutschland [1]. Ausgelöst wird sie in der Regel durch Niederschlagsdefizite in Verbindung mit hohen Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung [4]. Die dadurch unter Wassermangel und Sonnenbrand leidenden Buchen bekommen Rindenrisse und sind anfällig für Rindenpilze, die teilweise schon als Endophyten im holzigen Gewebe ihrer Wirtsbäume latent vorhanden sind. Letztere stören zusätzlich den Wasser- und Nährstoffhaushalt der betroffenen Bäume. Rindenrisse führen zum Lufteintritt in das Holz – es entstehen spritzkernartige Verfärbungen und Holzfäuleerreger wachsen im Holz. Diese können ebenfalls bereits endophy-

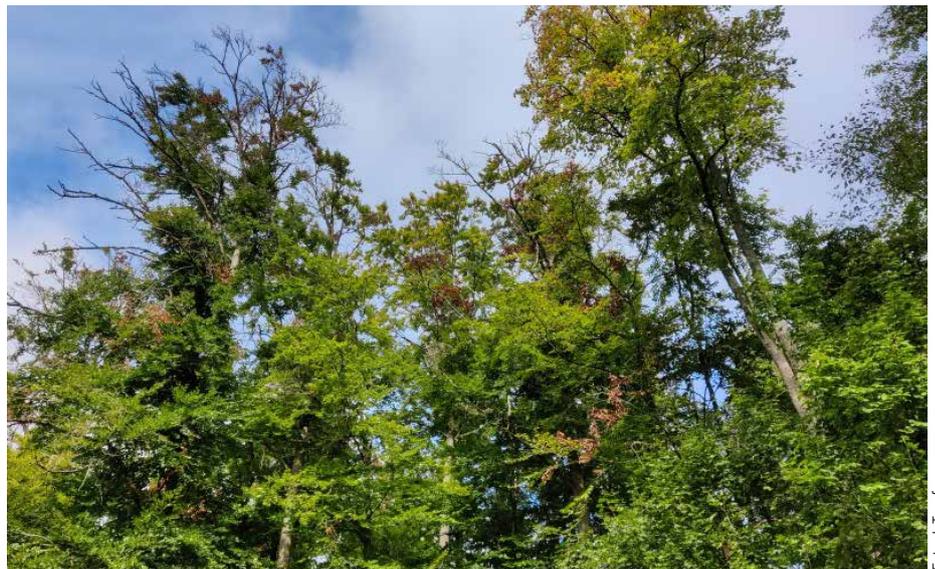


Foto: J. Tropf

**Abb. 1:** Buchen mit Vitalitätsschwäche im Sommer 2022

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Die Jahre 2018 bis 2020** stellten hinsichtlich Trockenheit und Temperaturniveau ein einzigartiges Extrem seit Wetteraufzeichnungsbeginn 1881 dar
- » **Seit Herbst 2018 sind als Folge** massive Absterbeerscheinungen an der Rotbuche zu beobachten, die hauptsächlich der Buchenvitalitätsschwäche entsprechen [1]
- » **In Mitteldeutschland waren 2018** zunächst ältere Bäume auf prädisponierten Standorten oder Bäume mit Vorschädigungen betroffen [2, 3]
- » **Durch die Witterungsbedingungen im Folgejahr** kam es allerdings zur Ausweitung der Absterbeerscheinungen [1, 2]

tisch vorkommen und in ihre schwächeparasitische Phase übergehen, sobald der für ihr Wachstum im Holz notwendige Sauerstoffgehalt erreicht ist [5]. Parallel kann es zu einem Befall der Bäume durch rindenbrütende Insekten kommen [6]. Im fortgeschrittenen Schadensverlauf werden die stark geschwächten Bäume durch holzabbauende pilzliche Folgezerersetzer und holzbrütende Insekten besiedelt, die die Holzqualität erheblich vermindern und die Stand- und Bruchsicherheit gefährden.

### Infektionsversuche

An der NW-FVA wurden im Jahr 2020 [7] und 2021 gesunde, getopfte Rotbuchen-Heister der Naturverjüngung mit verschiedenen Rinden- und Holzfäulepilzen infiziert. Einige dieser Rindenpilze, z. B. *Diplodia corticola* [2, 7], waren vor 2018 nicht als Schadorganismen der Buche bekannt. Daher war es ein Hauptziel der Infektionsversuche im Rahmen des Projekts „Buche-Akut (2220WK10B1)“ nachzuweisen, ob die mit der Buchenvitalitäts-

schwäche assoziierten Pilze Schäden bei den Wirtspflanzen hervorrufen und die sogenannten Koch'schen Postulate erfüllen [8, 9]. Bei diesen Infektionsversuchen wurden zwölf (2020) bzw. neun (2021) ausgewählte pilzliche Pathogene (*Hypocreales*, *Botryosphaerales* und *Xylariales*, Tab. 1) getestet. Die Heister (2020: n = 137, 6- bis 17-jährig; 2021: n = 330, 7- bis 14-jährig) wurden mit den Testpilzen nach der Methode von Langer und Bußkamp 2021 [7] inokuliert. Der Inokulationsversuch 2020 (wurde unter Freilandbedingungen (vier Monate,  $T_{\text{mean}}$  17 °C,  $T_{\text{min}}$  4 °C und  $T_{\text{max}}$  35 °C) und regelmäßiger Tröpfchenbewässerung durchgeführt. Im Versuch 2021 (25.5. bis 4.10.2021, fünf Monate) wurden 220 Heister im Gewächshaus ( $T_{\text{mean}}$  17,7 °C,  $T_{\text{min}}$  5,2 °C und  $T_{\text{max}}$  32,4 °C) und 110 Heister im Freiland ( $T_{\text{mean}}$  17,3 °C,  $T_{\text{min}}$  5,2 °C und  $T_{\text{max}}$  34,2 °C) platziert und bewässert, um unterschiedliche Feuchtereime zu erhalten (Abb. 2). Von den Gewächshauspflanzen wurden jeweils 20 Bäume – von den Pflanzen im Freiland jeweils 10 Bäume – mit Stämmen einer

## „Das Ergebnis der Pathogenitätstests lässt darauf schließen, dass die Virulenz und das Infektionsvermögen latenter Pathogene von Witterungsbedingungen beeinflusst wird.“

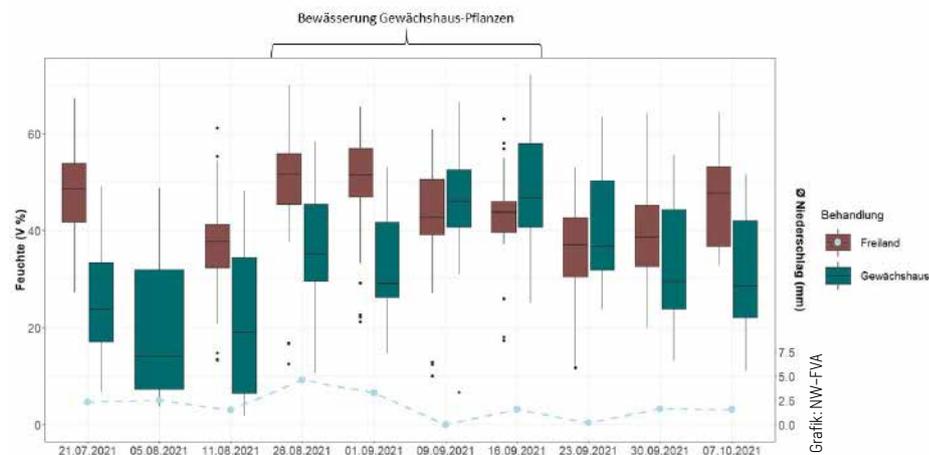
JAN-SÖREN TROPP

Pilzart beimpft. Als Mock-Kontrolle wurden 20 Buchen der Gewächshauspflanzen mit sterilem Nährmedium (MYP) inokuliert und 20 weitere Buchen unbehandelt belassen, während im Freiland jeweils 10 Pflanzen auf diese Art behandelt wurden. Die jeweils bei Versuchsende gemessenen Längen der ausgebildeten Nekrosen dienten als Nachweis der Pathogenität (Abb. 3). Re-Isolationen an jeweils neun der inokulierten Heister dienten dem Nachweis der Erfüllung der Koch'schen Postulate.

### Was der Infektionsversuch ergab

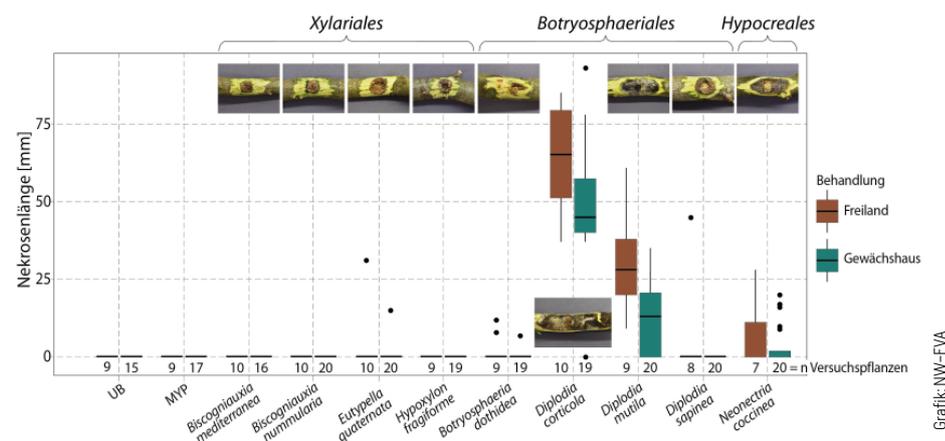
Bei dem Infektionsversuch 2020 [7] waren vier Wochen nach der Inokulation mit den Testpilzen keine Nekrosen oder Läsionen an den Heisterstämmen sichtbar. Vier Monate nach Inokulation waren alle Heister vital, zeigten jedoch je nach Behandlungsvariante unterschiedliche Reaktionen. Die unbehandelten Kontrollpflanzen wiesen keine Läsionen am Stamm auf. Auch die umgebenden Gewebe im Bereich der Inokulationen der Mock-Kontrollen wiesen keine Läsionen auf und die Inokulationsstellen waren durch Kallusbildung verschlossen. Hingegen wiesen alle Heister, die mit Myzelstückchen inokuliert waren, nekrotische Läsionen auf, die entweder mit Kallusformation oder T-Fehlern verbunden oder nicht verheilt waren (Tab. 1). Die Buchen, die mit *Diplodia corticola* infiziert waren, wiesen die größten nekrotischen Bereiche (69,8 mm mittlere Nekrosenlänge) auf, gefolgt von *Nectria cinnabarina* (23 mm). Abgesehen von *Neonectria ditissima* konnten alle Stämme re-isoliert werden und somit das 4. Koch'sche Postulat erfüllen.

## Feuchtwerte der Pflanzenerde



**Abb. 2:** Inokulationsversuch 2021 *in planta* – Feuchtwerte der Pflanzenerde in Volumenprozent, unterteilt nach Freiland- und Gewächshaus-Pflanzen [Boxplot: Minimum, Maximum, Median, unteres und oberes Quartil], sowie durchschnittlicher Niederschlag in mm (gestrichelte Linie, gemessen in der Messstation Münden-Gimte); die Niederschlagsmenge ist als arithmetisches Mittel des Niederschlags der letzten sieben Tage vor der jeweiligen Feuchtemessung und dem Niederschlag am Messungstag (betrifft nur Freiland) dargestellt

## Gemessene Nekrosenlängen



**Abb. 3:** Inokulationsversuch 2021 *in planta* – Boxplots (Minimum, Maximum, Median, unteres und oberes Quartil) zu gemessenen Nekrosenlängen (in mm) an den Versuchspflanzen fünf Monate nach Inokulation, im Freiland (rot) bzw. im Gewächshaus (grün)

Im Inokulationsversuch 2021 mussten Heisterpflanzen ( $n = 25$ ) fünf Monate nach der Inokulation mit den Testpilzen aus dem Untersuchungskollektiv ausgeschlossen werden, da sie versuchsunabhängig abgestorben waren. Die verbliebenen 305 Heister bildeten das Auswertungskollektiv und zeigten je nach Behandlungsvariante unterschiedliche Reaktionen (Tab. 1, Abb. 3). Im Gegensatz zum Inokulationsversuch 2020 konnten im Jahr 2021 nur bei Inokulationen mit *D. corticola* (97 %), *D. mutila* (76 %) und *N. coccinea* (30 %) deutliche Nekrosen festgestellt werden. Im Falle dieser drei inokulierten Pathogene gelang darüber hinaus die Re-Isolation (*D.*

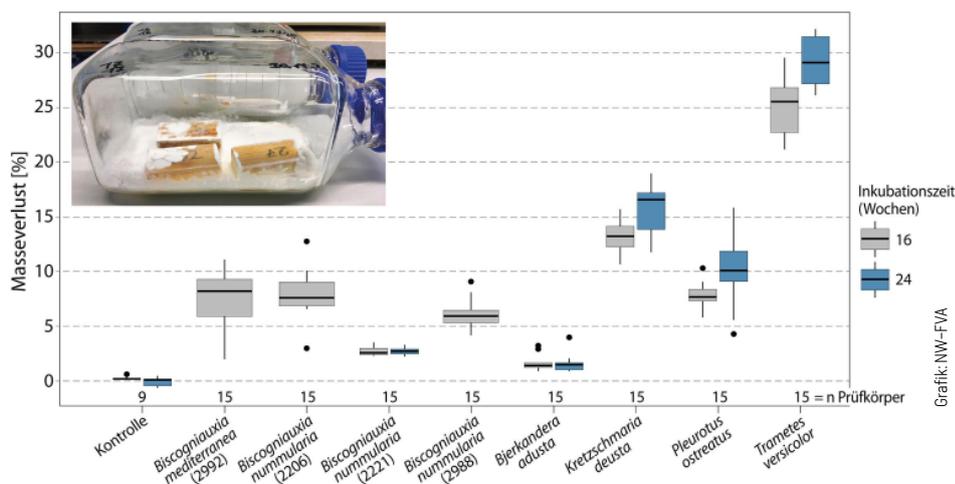
*corticola* und *N. coccinea* zu 100 %, *D. mutila* zu 78 %). Von den mit *Botryosphaeria dothidea* (Re-Isolationsrate: 89 %) inokulierten Buchen wiesen lediglich drei Nekrosen auf. An den Buchen, die mit *Eutypella quaternata* (Re-Isolationsrate: 0 %) und *Diplodia sapinea* (Re-Isolationsrate: 78 %) inokuliert wurden, ließen sich an zwei bzw. einer Pflanze Nekrosen feststellen. Jedoch konnten in diesen Fällen die inokulierten Erreger nach der Inkubationszeit nicht re-isoliert werden. An mit *Biscogniauxia nummularia* (Re-Isolationsrate: 0 %), *B. mediterranea* (56 %) oder mit *Hypoxyton fragiforme* (56 %) inokulierten Buchenheistern wurden keine Nekrosen beobachtet.



### Schlussfolgerung

Da nicht alle eingesetzten Pathogene erfolgreich im Versuch 2021 re-isoliert werden konnten, ist davon auszugehen, dass die Infektion mit den eingesetzten Pathogenen nicht an allen Buchen erfolgreich war. Während die Infektionen mit *D. corticola*, *D. mutila* und *N. coccinea* deutliche Nekrosen verursachten, blieben die Infektionen im Falle von *B. nummularia* und *E. quaternata* erfolglos oder waren im Falle von *B. mediterranea* oder *H. fragiforme* nur bei einem Teil der Pflanzen erfolgreich. *B. dothidea* konnte zwar aus den infizierten Pflanzen re-isoliert werden, die Nekrosen blieben jedoch verglichen mit der Studie im Jahr 2020 [7] auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Die Ursache der deutlichen Unterschiede im Infektionserfolg und der Virulenz der Pathogene in den unterschiedlichen Versuchsansätzen

### Holzabbau durch Pilze



**Abb. 4:** Holzabbauversuche mit verschiedenen Holzfäuleerregern an Buchenprüfkörpern (PK) *in vitro* – Masseverlust der pilz-infizierten PK in Prozent, unterteilt nach Inkubationszeiten (Boxplot: Minimum, Maximum, Median, unteres und oberes Quartil)

### Pathogenitätstest in planta mit Buchenheistern

**Tab. 1:** Als Messgröße für die Pathogenität bzw. Virulenz des jeweils getesteten Pilzstammes wurde die Nekrosenlänge (jeweils arithmetisches Mittel des ausgewerteten Probebaumkollektivs) vier Monate (Versuch 2020 [7]) bzw. fünf Monate (Versuch 2021) nach Inokulation gewertet; na = nicht anwendbar bzw. nicht durchgeführt.

Pilzart	Stamm	Verwandtschaft	Versuch 2020		Versuch 2021		
			Nekrosenlänge (mm)	Re-isolation	Nekrosenlänge (mm) Min/Max/Mittelwert	Auswertungskollektiv/Prozentuale Anteil der Bäume mit Nekrosen	Re-isolation
<i>Biscogniauxia mediterranea</i> (Südliche Kohlenbeere)	NW-FVA 5283	Xylariales	11,3	ja	0	26%/0%	56%
<i>Biscogniauxia nummularia</i> (Münzenförmiger Rindenkugelpilz)	NW-FVA 5282	Xylariales	13,9	ja	0	30%/0%	0%
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	NW-FVA 5287	Botryosphaerales	11,6	ja	0/17/2	28%/11%	89%
<i>Diplodia corticola</i>	NW-FVA 4897	Botryosphaerales	69,8	ja	0/98/58,2	29%/97%	100%
<i>Diplodia mutila</i>	NW-FVA 4915	Botryosphaerales	12,8	ja	0/66/22,6	29%/76%	78%
<i>Diplodia sapinea</i>	NW-FVA 4932	Botryosphaerales	10,7	ja	0/45/1,8	28%/4%	78%
<i>Eutypella quaternata</i> (Vierfrüchtige Quaternaria)	NW-FVA 5333	Xylariales	19,3	ja	0/36/2,9	30%/7%	0%
<i>Hypoxylon fragiforme</i> (Rötliche Kohlenbeere)	NW-FVA 5174	Xylariales	10,4	ja	0	28%/0%	56%
<i>Nectria cinnabarina</i> (Zinnoberroter Pustelpilz)	NW-FVA 1249	Hypocreales	23,0	ja	na	na	na
<i>Neonectria coccinea</i> (Scharlachrotes Pustelpilzchen)	NW-FVA 5096	Hypocreales	17,9	ja	0/33/6,8	27%/30%	100%
<i>Neonectria ditissima</i> (Obstbaumkrebs)	CBS 226.31	Hypocreales	10,7	nein	na	na	na
<i>Neonectria aff. coccinea</i>	NW-FVA 0179	Hypocreales	16,4	ja	na	na	na
Mock-Kontrolle	MYP	-	0,0	na	0	26%/0%	na
Unbehandelte Kontrolle	unbehandelt	-	0,0	na	0	24%/0%	na

könnte die gemäßigte Witterung des Jahres 2021 im Vergleich zum Jahr 2020 sein. Der Pathogenitätstest 2021 unterstreicht das hohe pathogene Potenzial von *D. corticola*. Insgesamt waren die durch *D. corticola*, *D. mutila* sowie *N. coccinea* ausgelösten Nekrosen an im Freiland getesteten Pflanzen größer als jene der Gewächshauspflanzen. Die höhere Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus könnte einen negativen Einfluss auf die Virulenz der Erreger gehabt haben.

### Holzabbauprozesse zur Bestimmung der Fäuledynamik

Im Jahr 2021 wurde an der FVA BW im Projekt „Ursachen und Risikoanalyse zu Dürreschäden an Buche“ (Notfallplan Wald BW, Projekt 1692) das Holzabbaupotenzial von sechs Pilzarten der Buchenvitalitätsschwäche untersucht. Es wurden sowohl Weißfäule- als auch Moderfäuleerreger getestet, darunter *B. nummularia* (der im

#### Literaturhinweise:

[1] LANGER, G. J. (2019): Komplexe Erkrankungen bei älteren Rotbuchen. AFZ-DerWald, Nr. 24, S. 30–33. [2] LANGER, G. J.; BUSSKAMP, J.; LANGER, E. J. (2020): Absterbeerscheinungen bei Rotbuche durch Trockenheit und Wärme. AFZ-DerWald, Nr. 4, S. 24–27. [3] LANGER, G. J. (2019): Buchen-Vitalitätsschwäche – Auswirkungen der Wetteranomalien in den Jahren 2018 und 2019, ImDialog, 4, 4–6. [4] ASCHE, N. (2016): Buchenschäden auf exponiertem Standort – Eine Folge des Klima-(Witterungs-)wandels? Beiträge aus der NW-FVA, 14, 15–22, Universitätsdrucke Göttingen. [5] 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, 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.02.001>. [6] NIESAR, M.; KEHR, R.; DANESCU, A.; GEISTHOFF, N.; KUHLMANN, J.; LANDWEHRMANN, J.; UHR, M. (2014): Neue Komplexschäden an Buche führen zu erheblicher Bruchgefahr. AFZ-DerWald, Nr. 15, S. 16–21. [7] LANGER, G. J.; BUSSKAMP, J. (2021): Fungi Associated with woody tissues of European Beech and their impact on tree Health. Frontiers in Microbiology, 12. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2021.702467>. [8] BHUNJUN, C. S.; PHILLIPS, A. J. L.; JAYAWARDENA, R. S.; PROMPUTTHA, I.; HYDE, K. D. (2021): Importance of Molecular Data to Identify Fungal Plant Pathogens and Guidelines for Pathogenicity Testing Based on Koch's Postulates. Pathogens, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 10, 1096. <https://doi.org/10.3390/pathogens10091096>. [9] KOCH, R. (1890): Über Bakteriologische Forschung. Verhandlungen Des X. Internationalen Medizinischen Kongresses, Berlin 1890, August Hirschwald, Berlin, Germany, 655 S.

Zuge von Pilzisolierungen aus erkranktem Buchengewebe mit 23,5 % aller pilzlichen Isolate am häufigsten isolierte Pilz in Baden-Württemberg) sowie *B. mediterranea*, *Bjerkandera adusta* (Angebrannter Rauchporling), *Kretzschmaria deusta* (Brand-Krustenpilz), *Pleurotus ostreatus* (Austernseitling) und *Trametes versicolor* (Schmetterlingstramete). Zur Bestimmung des pilzbedingten Masseverlusts wurden in Anlehnung an die DIN EN 113-1 sterile Prüfkörper (PK) aus Buchenstammholz mit bekannter Anfangstrockenmasse ( $m_0$ ) beimpft (Abb. 4). Nach 16 und 24 Wochen Inkubation bei Raumtemperatur wurden die PK vom Oberflächenbewuchs befreit und wieder bis zur Gewichtskonstante darrgetrocknet, um den Wert der Endtrockenmasse des PK nach Inkubation ( $m_3$ ) zu ermitteln. Der pilzbedingte Masseverlust der PK berechnete sich wie folgt:

$$MV = [(m_0 - m_3) / m_0] * 100 [\%]$$

MV	relativer Masseverlust durch Pilzabbau [%]
$m_0$	Anfangstrockenmassen des PK vor Inkubation [g]
$m_3$	Endtrockenmasse des PK nach Inkubation [g]

#### Was die Holzabbauprozesse ergaben

Der pilzbedingte Masseverlust der PK (Abb. 4) war je nach Pilzart bzw. -stamm unterschiedlich und abhängig von der Inkubationszeit. Der höchste Masseverlust wurde durch *T. versicolor* verursacht (im Mittel 29,2 % nach 24 Wochen durch Weißfäule), gefolgt von *K. deusta* (15,7 % nach 24 Wochen, Moderfäule) und *P. ostreatus* (nach 24 Wochen 10,1 %, Weißfäule). Der niedrigste Masseverlust wurde bei den PK gemessen, die mit *B. adusta* (mittlerer Masseverlust 1,5 %, Weißfäule) infiziert wurden. Die Masseverluste der untersuchten *Biscogniauxia*-Stämme (Moderfäule) unterschieden sich sowohl inter- als auch intraspezifisch. Den höchsten mittleren Masseverlust erreichte der *B. nummularia*-Stamm „FVA BW 2206“ mit 7,9 % nach 16 Wochen, gefolgt von *B. mediterranea* mit 7,3 %. Der *B. nummularia*-Stamm „FVA BW 2221“ hatte einen deutlich geringeren mittleren Masseverlust, der bei 2,7 % lag.

#### Schlussfolgerung

Die *Biscogniauxia*-Stämme zeigten *in vitro* unterschiedliche Holzabbaupotenziale, die vergleichbar mit jenen von *P. ostreatus* waren, aber geringer als bei *K. deusta* und *T. versicolor* ausfielen. Das lässt darauf

schließen, dass *B. nummularia* die Holzqualität sowie die Stand- und Bruchsicherheit vitalitätsgeschwächter Buchen stark beeinträchtigen kann. Wie schnell die Reduktion der Holzqualität bzw. der Stand- und Bruchsicherheit durch *B. nummularia* erfolgt, scheint neben den Witterungsbedingungen und der Abwehrreaktion des Wirtsbaumes auch entscheidend von dem assoziierten Pilzstamm beeinflusst zu werden.

### Fazit und Ausblick

Abgesehen von dem untersuchten *N. ditissima*-Stamm konnte für alle untersuchten Pilze eine Pathogenität bzw. Schädigung bei Buche nachgewiesen werden. Das Ergebnis der Pathogenitätstests lässt darauf schließen, dass Virulenz und Infektionsvermögen latenter Pathogene von Witterungsbedingungen beeinflusst werden. In weiteren Untersuchungen sollen Pathogenität und Holzabbaupotenziale verschiedener *Biscogniauxia*-Stämme aus unterschiedlichen Regionen Deutschlands untersucht werden. Die Ergebnisse sollen eine Einschätzung bezüglich veränderter Bestandesstabilität und Arbeitssicherheit in betroffenen Beständen ermöglichen.



**Jan-Sören Tropf**  
Jan.tropf@nw-fva.de

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Verbundprojekt „Buche-Akut (Teilvorhaben 2 – Pathologie)“ an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (Abteilung Waldschutz, Sachgebiet Mykologie und Komplexerkrankungen). **Dr. Steffen Bien** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in diesem Sachgebiet. **Louisa Eurich** war Mitarbeiterin im Fachgebiet Phytopathologie an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg. **Dr. Jörg Grüner** leitet dieses Fachgebiet. **Dr. Gitta Jutta Langer** leitet das Sachgebiet Mykologie und Komplexerkrankungen an der NW-FVA.