

Paul Heydeck¹, Robert Merkel², Uwe Lange³, Kati Hielscher⁴, Christine Dahms⁴, Gerald Moritz⁵, Toralf Pfannenstill⁶

Erste Nachweise von *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels als Krankheitserreger an *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. im Nordostdeutschen Tiefland

First records of *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels on *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. in the northeast German lowlands

221

Zusammenfassung

Ende August 2013 wurden im Bundesland Brandenburg außergewöhnliche, bis dahin unbekannte Krankheitserscheinungen an Kolorado-Tanne (*Abies concolor*) festgestellt. Betroffen waren zwei Waldflächen im Raum Potsdam. Das Alter der ca. 0,5 und 1 ha umfassenden Pflanzungen betrug zu diesem Zeitpunkt 27 bzw. 28 Jahre. Im Herbst 2016 trat das gleiche Schadbild 115 km südöstlich des Erstfundes – in der Niederlausitz – an Kolorado-Tannen derselben Altersstufe erneut auf. Bei der dortigen Befallsfläche handelte es sich um einen 0,15 ha großen Reinbestand. Das Krankheitsgeschehen war in allen Fällen durch intensives Abwerfen noch grüner Nadeln, massiven Harzfluss an Ästen und Stämmen, rasches Zurücksterben der Kronen und letztendlich vollständiges Absterben der Bäume gekennzeichnet (HEYDECK et al., 2015). Da im Nordostdeutschen Tiefland bis zum Jahr 2013 keine vergleichbaren Schadereignisse registriert wurden und auch aus anderen Bundesländern keine Mitteilungen über ähnliche Symptome an *Abies concolor* vorlagen, war die Ursache der Absterbeprozesse zunächst unklar. Zwecks eingehender Analyse der festgestellten Krankheitserscheinungen wurden von geschädigten Bäumen mehrfach Nadel-, Zweig-, Ast-, Rinden-

und Holzproben entnommen. Bei mikromorphologischen Untersuchungen ließen sich an erkrankten Ästen sowie auf der Rinde absterbender Kolorado-Tannen mit hoher Stetigkeit Konidienlager (Sporodochien) eines Kleinpilzes aus der Formgattung *Cylindrocarpon* nachweisen. Später konnte an frisch abgestorbenen Bäumen in unmittelbarer Nähe des anamorphen Stadiums auch die dazugehörige Teleomorphe (Perithezien einer *Neonectria*-Art) diagnostiziert werden. Der gleiche Pilz wurde mit Labormethoden mehrfach aus dem Bastgewebe noch lebender Kolorado-Tannen isoliert (MERKEL, 2018). Die Mikromerkmale stimmten mit der Spezies *Neonectria neomacrospora* (Ascomycota, Nectriaceae) überein. Molekulargenetische Analysen bestätigten, dass es sich bei dem Erreger eindeutig um die Art *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels handelt. Eine nennenswerte Beteiligung von Insekten bei der Entstehung der Schäden konnte ausgeschlossen werden. Berichte aus Skandinavien lassen erkennen, dass der genannte Krankheitserreger in Norwegen bereits seit 2008 schwerwiegende Schäden an mehreren *Abies*-Arten verursacht hat, vor allem in Weihnachtsbaumkulturen (TALGØ et al., 2012). Auch in Dänemark und Schweden kam es durch den Pilz zu Pflanzenausfällen. Offenbar entwickelt *Neonectria neomacrospora* unter bestimmten

Affiliationen

ehem. Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)¹

ehem. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE)²

Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLRLR)³

Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)⁴

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU)⁵

Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)⁶

Kontaktanschrift

Dr. Kati Hielscher, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Fachbereich Waldschutz & Wildökologie, A.-Möller-Str. 1, 16225 Eberswalde, E-Mail: Kati.Hielscher@LFB.brandenburg.de

Zur Veröffentlichung angenommen

8. Mai 2020

Voraussetzungen eine hohe Aggressivität gegenüber verschiedenen Tannen-Arten, darunter *Abies concolor*. Inzwischen wurde der Krankheitserreger in weiteren europäischen Ländern nachgewiesen und 2017 in die Frühwarnliste der EPPO aufgenommen (EPPO, 2020a). Die betroffenen Bestände im brandenburgischen Landeswald sind mittlerweile vollständig geräumt, wobei das infizierte Pflanzenmaterial sachgerecht entsorgt wurde. Zurzeit lässt sich noch nicht abschätzen, ob *Neonectria neomacrospora* im Nordosten Deutschlands künftig an Bedeutung gewinnen wird und dann möglicherweise auch andere Nadelbaumarten infiziert.

Stichwörter: *Abies concolor*, *Neonectria neomacrospora*, Ascomycota, Nectriaceae, *Cryphalus asperatus*, Coleoptera, *Acanthothrips nodicornis*, Thysanoptera

Abstract

Previously unknown disease symptoms were detected for the first time on white fir (*Abies concolor*) in the federal state of Brandenburg in the end of August 2013. Symptoms were observed at two locations near Potsdam on 27 and 28 years old trees in an area of about 0.5 ha and 1 ha respectively. In autumn 2016 identical symptoms were identified on white firs of similar age in Niederlausitz, 115 km southeast of the first recorded instance. This third observation was made in a planted 0.15 ha pure stand. In each case an intense loss of green needles, a strong resin flow on trunk and branches, rapid dieback of the crown and finally the death of the whole tree was observed (HEYDECK et al., 2015). No instances of similar damage in *Abies concolor* in the northeast German lowlands or in other federal states of Germany were reported before August 2013. The cause of the disease remained initially unidentified. Samples of needles, twigs, branches, bark and wood from damaged trees were repeatedly collected and analysed. Microscopic morphological investigation provided consistent evidence of conidiomata (sporodochia) on damaged branches and bark of dying white firs of a *Cylindrocarpon*-like micromycete. The associated teleomorph (perithecia of a species of the genus *Neonectria*) was subsequently identified close to the anamorphic stage in trees that had recently died. The same fungus has also been isolated repeatedly in the laboratory from phloem tissue of living white firs (MERKEL, 2018). Microscopic characteristics belonging to the species *Neonectria neomacrospora* (Ascomycota, Nectriaceae) were observed. Molecular genetic methods subsequently confirmed the pathogen was *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels. Insects had not contributed appreciably to the development of damage symptoms. Since 2008 *Neonectria neomacrospora* has caused serious damage on several species of fir (*Abies*), especially on Christmas tree farms in Norway, Denmark and Sweden (TALGØ et al., 2012). Infected trees even died as a result of the fungal infection. It appears that *Neonectria neomacrospora* can develop an intense pathogenicity against vari-

ous fir species, including *Abies concolor*, under certain conditions. The pathogen has also recently been detected in additional European countries and has been registered in the EPPO Alert List (EPPO, 2020a) in 2017. The affected tree stands owned by the federal state of Brandenburg have now been completely felled and infected plant material was disposed of appropriately. The future relevance of *Neonectria neomacrospora* in northeastern Germany and the potential infection of other coniferous tree species remain to be investigated.

Key words: *Abies concolor*, *Neonectria neomacrospora*, Ascomycota, Nectriaceae, *Cryphalus asperatus*, Coleoptera, *Acanthothrips nodicornis*, Thysanoptera

Einleitung

Anlass und Beginn der Untersuchungen – Charakterisierung der Befallsflächen

Am 29.08.2013 wurde die Hauptstelle für Waldschutz am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) über ungewöhnliche und schwerwiegende Absterbeprozesse an Kolorado-Tannen in zwei Beständen (Alter: 27 und 28 Jahre) nahe der Gemeinde Seddiner See (Landkreis Potsdam-Mittelmark) – im Forstrevier Seddin, ca. 60 m ü. NHN – informiert. Die 0,45 und 1,15 ha großen Pflanzungen befanden sich ungefähr 13 km südwestlich von Potsdam – im forstlichen Wuchsgebiet „Mittelbrandenburger Talsand- und Jungmoränenland“, welches dem Großklimabereich γ (Südmarkisches Klima: kontinental beeinflusst, mittlerer Jahresniederschlag: 500–560 mm, ökoklimatische Wasserbilanz: –220 bis –170 mm) mit der Klimastufe t (trocken) zugeordnet werden kann (KOPP und SCHWANECKE, 1994). Die Kolorado-Tannen stockten dort in Mischung mit Küsten-Tanne (*Abies grandis* [Douglas ex D. Don] Lindl.) auf Böden mittlerer Nährkraft (M2). Es ist anzunehmen, dass die in der Nähe befindlichen Seen das Mikroklima in den Beständen lokal beeinflussen. Bei einer am 12.09.2013 durchgeführten ersten Inspektion der auffallend dicht bestockten Schadflächen wurde eine sehr hohe, stagnierende Luftfeuchtigkeit festgestellt. Unter solchen Bedingungen können sich viele mikrobielle Pathogene optimal reproduzieren. Hinweise auf andere prädisponierende Faktoren gab es in den untersuchten Beständen nicht.

Zunächst wurden im Nordostdeutschen Tiefland keine weiteren markanten Schadereignisse an Kolorado-Tanne registriert. Im Herbst 2016 kam jedoch aus dem südöstlichen Teil Brandenburgs (Niederlausitz, Landkreis Spree-Neiße) eine Meldung über Absterbeerscheinungen in einer 0,15 ha großen Pflanzung mit *Abies concolor* auf privatem Grund – rund 115 km von den bekannten Schadflächen im Potsdamer Raum entfernt. Der 1990 in der Gemeinde Proschim (Ortsteil der Kleinstadt Welzow, ca. 115 m ü. NHN) auf sandigem Substrat geringer Nährkraft mit ballierten Heistern in einem Verband von 2 × 1 Metern begründete Reinbestand befindet sich im forstlichen Wuchsgebiet „Düben-Niederlausitzer Altmoränen-

land“. Damit liegt die Fläche im Großklimabereich ϕ (Lausitzer Klima: hochkollin beeinflusst, mittlerer Jahresniederschlag: 580–660 mm, ökoklimatische Wasserbilanz: –170 bis –70 mm) mit der Klimastufe m (mäßig trocken), vgl. KOPP und SCHWANECKE (1994). Nach Angaben des Eigentümers wurden die heranwachsenden Bäume bis 2015 jährlich einmal chemisch gedüngt. Zur Beseitigung des aufkommenden Begleitwuchses dienten mechanische und chemische Methoden. Um eine bessere Begehrbarkeit der Fläche zu gewährleisten, hatte der Besitzer alle Kolorado-Tannen bis in eine Höhe von 2 Metern entasten lassen. Seit dem Jahr 2015 wurde in dem Bestand eine deutliche Intensivierung der Krankheitsprozesse beobachtet (RÖSCH, pers. Mitt.; vgl. MERKEL, 2018).

Symptomanalyse

Bei der Flächenbesichtigung im Forstrevier Seddin am 12.09.2013 wurde festgestellt, dass in dem stärker geschädigten, damals 28-jährigen Bestand bereits rund ein Viertel der Kolorado-Tannen abgestorben war (Abb. 1). Fast alle noch lebenden Bäume zeigten erhebliche Nadelverluste und ein von unten nach oben fortschreitendes Zurücksterben der Kronen (Abb. 2). Stellenweise hatte sich auf dem Waldboden ein ansehnlicher Teppich aus abgefallenen grünen Nadeln gebildet (Abb. 3). Das wohl auffälligste Symptom war aber der

intensive Harzfluss an den erkrankten Stämmen, oft in Kombination mit Rissbildungen und Rindennekrosen (Abb. 4 und 5). Auf der Schadfläche im Welzower Ortsteil Proschim wurde die gleiche Symptomausprägung wie im Revier Seddin vorgefunden. Es ließ sich zeigen, dass die Absterbeprozesse in erster Linie auf eine Zerstörung des Bast- und Kambialgewebes zurückgehen. Okulardagnostisch war im Anschnitt der Rinde von Stämmen und Ästen noch lebender Bäume eine braune Verfärbung der geschädigten Gewebepartien zu erkennen (Abb. 6). Die Schäden waren im Innern der Bestände nahezu gleichmäßig verteilt. Befallsherde ließen sich nicht nachweisen. Auch die soziale Stellung der Bäume hatte keinen Einfluss auf die Intensität der Erkrankung. Besonders auf der Befallsfläche in Proschim waren die Bestandesränder aber deutlich weniger betroffen. Auf der erst später beräumten Befallsfläche bei Seddin waren am 15.05.2014 mehr als 95% der Kolorado-Tannen geschädigt. Weiter ist bemerkenswert, dass die auf den Flächen im Forstrevier Seddin beigemischte Küsten-Tanne (*Abies grandis*) bis heute kaum Schäden erkennen lässt.

Zielstellung

Das Ziel der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen bestand in erster Linie darin, die Ursache für das Absterben



Abb. 1. Gravierende Schäden an 28-jährigen Kolorado-Tannen (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel



Abb. 2. Absterbende Kolorado-Tanne mit schweren Schäden im Kronenbereich (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel



Abb. 3. Dichter Belag aus abgefallenen, noch grünen Nadeln (Befallsfläche bei Seddin). Bildautorin: K. Hielscher



Abb. 4. Starker Harzfluss an erkrankten Kolorado-Tannen (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel



Abb. 5. Harzfluss und Rindenrisse am Stamm einer absterbenden Kolorado-Tanne (Befallsfläche in Proschim). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel



Abb. 6. Geschädigtes Bast- und Kambialgewebe (Befallsfläche in Proschim). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

der Kolorado-Tannen zu ermitteln. Basierend auf einer umfassenden Analyse der Symptomatik sollte anhand morphologischer und molekulargenetischer Tests ermittelt werden, ob die festgestellten Krankheitserscheinungen mit einem Befall durch biotische Schaderreger korrespondieren. Daneben galt es, die Bedeutung prädisponierender Faktoren zu evaluieren.

Charakterisierung der Kolorado-Tanne

Die Kolorado-Tanne stammt aus dem westlichen (pazifischen) Nordamerika. Dort umfasst ihr großes, disjunktes natürliches Verbreitungsgebiet Gebirgslagen in acht US-Bundesstaaten (vgl. SCHILL, 2002; SCHÜTT und LANG, 2004) und erstreckt sich bis in den Norden von Mexiko. Grundsätzlich werden zwei in ihrer Heimat regional verbreitete, morphologisch abgrenzbare Varietäten unterschieden: *Abies concolor* var. *concolor* („Inlandform“) und *A. concolor* var. *lowiana* (Gordon) Lemmon („Sierra-Tanne“). In Deutschland ist die Kolorado-Tanne vorwiegend als Ziergehölz in Haus- und Landschaftsgärten sowie in Parkanlagen anzutreffen. Daneben findet man sie gelegentlich in Wäldern. Um das Jahr 2000 stockte die Kolorado-Tanne in den Wäldern Brandenburgs auf einer Fläche von ca. 70 ha. Davon befanden sich 31 ha im Oberstand und 39 ha im Unterstand (MÜLLER und MÜLLER, 2002). Anzumerken ist, dass in Brandenburg von den „ausländischen“ Tannen-Arten nur die Küsten-

Tanne (*Abies grandis*) über eine größere Anbaufläche verfügt.

Die Kultur der Kolorado-Tanne gilt allgemein als unkompliziert. KRÜSSMANN (1979) charakterisiert die Baumart wie folgt: „Bei uns eine der bekanntesten, raschwüchsigen, Trockenheit vertragenden und ganz harten Tannen.“ Auch SCHÜTT et al. (1984) führen aus: „Eine der bei uns recht unproblematischen Tannenarten, denn sie ist winterhart, leidet wegen ihres späten Austriebs nicht unter Spätfrösten, erträgt Sommertrockenheit und kann im Freiland erwachsen. Luftverunreinigungen scheint sie weitgehend zu tolerieren.“ WARDA (2010) berichtet über die hohe Widerstandsfähigkeit der Kolorado-Tanne gegenüber Hitze, sommerlicher Trockenheit, geringer Luftfeuchtigkeit, Winterkälte sowie Luftverschmutzung und führt unter Verweis auf SCHENCK (1939) aus: „Kann mit Erfolg überall da angepflanzt werden, wo Boden und Klima für die heimische Tanne zu trocken oder zu kalt sind (...).“ Andererseits berichtet NIMSCH (2004) im Zusammenhang mit Kulturversuchen in einem süddeutschen Arboretum, dass sich die Kolorado-Tanne „auf zu guten Standorten und im Dichtschluss nicht wohl“ fühlt. LOCKOW (2002) gelangt unter Bezug auf die Schwapach'schen Anbauversuche mit „ausländischen“ Baumarten in den preußischen Staatsforsten am Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts zu der Feststellung, dass die Ertragsleistung der Kolorado-Tanne aus heutiger Sicht „nicht als herausragend“ einzuschätzen ist und „den forstlichen Anbau dieser typischen Gebirgstanne unter den kontinental und schwächer maritim beeinflussten Klimabedingungen des nordostdeutschen Tieflandes“ nicht rechtfertigt. Diese Bewertung trifft aber nicht für die Sierra-Tanne (*Abies concolor* var. *lowiana*) zu. Diese geographische Varietät der Kolorado-Tanne ist nach LOCKOW und LOCKOW (2007) „ertragskundlich (Volumen), waldbaulich (Lichtökologie, Mischungsverträglichkeit) und betriebswirtschaftlich (Weihnachtsbäume, Schmuckreisig) eine beachtenswerte Baumart.“

Material und Methoden

Mikromorphologische Untersuchungen

Schon bei der Flächenbesichtigung im Forstrevier Seddin am 12.09.2013 wurden im Rahmen einer Probefällung von drei erkrankten Bäumen gezielt Nadel-, Zweig-, Ast-, Rinden- und Holzproben für diagnostische Zwecke entnommen. Auf den Seddiner Untersuchungsflächen fanden im Zeitraum von 2013–2018 acht Inspektionen statt. Bei diesen im Winter (1), Frühjahr (2), Sommer (3) und Herbst (2) durchgeführten Kontrollen wurden insgesamt 25 symptombehaftete Kolorado-Tannen beprobt. Der Bestand in Proschim wurde dreimal inspiziert – zweimal im Frühjahr und abschließend im Herbst 2017. Eine Probenentnahme erfolgte dort an 10 Bäumen mit typischer Symptomausprägung.

Pilzisolierungen erfolgten aus geschädigtem Zweig-, Ast- und Rindengewebe, wobei insgesamt ca. 200 Proben auf künstlichen Nährboden übertragen wurden. Zur Her-

stellung von Reinkulturen pilzlicher Organismen fanden verschiedene Agarmedien, darunter „Spezieller Nährstoffarmer Agar“ (SNA) und „Malzextrakt-Agar“ (MEA), Verwendung.

Molekulargenetische Analysen

Zur Absicherung der mikromorphologischen Befunde erschien es zwingend notwendig, eine Überprüfung der aus Konidiosporen und Bastgewebe gewonnenen Reinkulturen mit Hilfe molekulargenetischer Methoden durchzuführen. Hierfür wurden von den Pilzisolaten die DNA mittels innuPREP Virus RNA Kit-KFml (Analytik Jena AG) extrahiert, für die nachfolgende Sequenzanalyse zwei genetische Marker via PCR amplifiziert und für Datenbankvergleiche herangezogen – zum einen die ITS-Region (Primer ITS1 und ITS4 nach WHITE et al., 1990) sowie ein Bereich auf dem EF1-alpha Gen (Primer EF1-728F und EF2 nach CARBONE und KOHN, 1999; O'DONNELL et al., 1998). Die durch Sanger-Sequenzierung generierten Sequenzdaten wurden editiert, Konsensussequenzen erstellt (SeqTrace 0.9.0) und mittels BLAST-Algorithmus mit Datenbankeinträgen der Nucleotide col-

lection (nr/nt) des National Center for Biotechnology Information (NCBI) verglichen. Darüber hinaus wurde zur Darstellung der interspezifischen Sequenzunterschiede und damit der molekulargenetischen Verwandtschaftsverhältnisse jeweils ein phylogenetischer Baum mittels Maximum-Likelihood-Methode für beide Marker errechnet (MEGA 6.06). Grundlage dafür bildeten, neben Sequenzdaten von *Neonectria neomacrospora*-Isolaten, ausgewählte Sequenzen zweier nah verwandter Arten – *Neonectria ditissima* (Tul. & C. Tul.) Samuels & Rossman und *Neonectria fuckeliana* (C. Booth) Castl. & Rossman (Tab. 1).

Bei der phylogenetischen Analyse wurde überwiegend auf Sequenzen von Pilzisolaten des niederländischen Westerdijk Fungal Biodiversity Institutes, vor 2017 „Centraalbureau voor Schimmelcultures“ (CBS), sowie auf die Sequenz eines bereits dokumentierten Stammes von *Neonectria neomacrospora* in Belgien (SCHMITZ et al., 2017) zurückgegriffen.

Die Isolate CBS 324.61 und CBS 503.67 werden in der Datenbank des NCBI teilweise noch unter der Bezeichnung „*Cylindrocarpon cylindroides*“ geführt. Dies begrün-

Tab. 1. Für die phylogenetische Analyse verwendete Isolate.

Art		Isolat	GenBank accession numbers	
			ITS	tef1
Neonectria ditissima	Neonectria ditissima	CBS 100.316	HM364298	HM364350
	Neonectria ditissima	CBS 226.31	JF735309	JF735783
	Neonectria ditissima	CBS 227.31	–	DQ789727
	Neonectria ditissima	CBS 379.50	–	DQ789733
	Neonectria ditissima	CBS 100320	–	DQ789717
	Neonectria ditissima	CBS 118923	–	DQ789712
	Neonectria galligena	CBS 178.58	MH857746	–
	Neonectria galligena	CBS 316.34	MH855542	–
	Neonectria galligena	DSM:24692	JF499884	–
	Neonectria galligena	MUCL 40784	JQ434582	–
Neonectria fuckeliana	Corinectria fuckeliana	IMI 342668	KJ022021	KJ022404
	Neonectria fuckeliana	AR3103	HM364291	HM364342
	Neonectria fuckeliana	AR4110	HM364293	HM364344
	Neonectria fuckeliana	CBS 239.29	HQ840386	JF268748
	Neonectria fuckeliana	CBS 119200	HQ840387	JF268747
	Neonectria fuckeliana	GJS02–67	HM364300	HM364354
Neonectria neomacrospora	Cylindrocarpon cylindroides	CBS 324.61	JF735312	JF735788
	Cylindrocarpon cylindroides	CBS 503.67	AY677261	JF735789
	Neonectria neomacrospora	321J14	–	KU516658
	Neonectria neomacrospora	CBS 198.62	–	HM364351
	Neonectria neomacrospora	CBS 118984	JF735311	JF735787
	Neonectria neomacrospora	CBS 118985	HQ840389	JF268755
	Neonectria neomacrospora	KNN DK-1	MH134563	–
	Neonectria neomacrospora	MY_5104	MG049669	–
Fusarium circinatum	Fusarium circinatum	CBS 405.97	MH862654	KM231943

det sich durch die frühere taxonomische Einordnung, welche mittlerweile revidiert wurde. Nach Rücksprache mit CBS handelt es sich bei beiden Isolaten definitiv um *Neonectria neomacrospora* (G.J.M. VERKLEY, pers. Mitt.).

Insgesamt wurden von den drei Befallsflächen bei Seddin und Proschim ca. 30 morphologisch identische Pilzstämme aus dem Bastgewebe geschädigter Kolorado-Tannen isoliert. Zur molekulargenetischen Charakterisierung wurde exemplarisch jeweils ein Pilzisolat pro Fläche untersucht.

Untersuchungen zu Forstinsekten

Im Rahmen der anfänglichen Suche nach der Schadursache wurde der 27-jährige Seddiner Kolorado-Tannen-Bestand zu fünf verschiedenen Terminen in den Jahren 2014 und 2015 und der 28-jährige, bereits eingeschlagene Bestand an zwei Terminen 2014 aufgesucht, um gezielt Insekten und Insektenschäden nachzuweisen. Der Bestand in Proschim wurde am 22.05.2017 in gleicher Weise inspiziert. Die Bestände wurden vollständig durchlaufen und Bäume verschiedener Schadensintensität an Stamm, Ästen, Zweigen und Nadeln nach Insekten oder deren Spuren abgesucht. Entnommene Proben und Tiere wurden im Labor weitergehend bearbeitet.

Ergebnisse

Identifizierung pilzlicher Pathogene

Bei der ersten Schadflächen-Inspektion gab es noch keine konkreten Hinweise auf forstpathologisch relevante Krankheitserreger. Lediglich an abgestorbenen Ästen wurden neben einigen ausschließlich saprotroph leben-

den Pilzarten vereinzelt Fruchtkörper (Apothecien) eines Schlauchpilzes aus der Gattung *Lachnellula* angetroffen. Dazu zählt auch *Lachnellula willkommii* (R. Hartig) Dennis, der Erreger des „Lärchenkrebses“, einer schwerwiegenden Rindenerkrankung der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) und anderer *Larix*-Arten (PETERCORD und STRÄßER, 2012; BUTIN, 2019). Mikromorphologische Studien in Verbindung mit monographischen Arbeiten (SCHWEGLER, 1975; BARAL, 1984, 2000; MINTER, 2005; KAHR et al., 2009) ergaben, dass es sich im vorliegenden Fall um *Lachnellula subtilissima* (Cooke) Dennis („Weißtannen-Haarbecherchen“, „Tannen-Nadelholzhaarbecherchen“, „Zierliche Lachnellula“) handelt.

Bei einer detaillierteren Musterung entnommener Rindenproben im Labor wurden an ca. 75% der untersuchten Bäume Konidienlager (Sporodochien) einer weiteren Pilzart gefunden (Abb. 7). Die zahlreich vorhandenen, meist mehrfach septierten, hyalinen Konidiosporen ließen sich morphologisch eindeutig der Formgattung *Cylindrocarpon* zuordnen (Abb. 8). Der gleiche Pilz konnte auch aus dem Bastgewebe erkrankter, noch lebender Bäume isoliert werden (Abb. 9). Isolierungsversuche waren zu 80% erfolgreich. An abgestorbenen Stämmen wurde später mit einer relativen Häufigkeit von ca. 50% die dazugehörige Teleomorphe (Perithezien einer *Neonectria*-Art), teilweise mit reifen Ascosporen, identifiziert (Abb. 10 und 11). Die festgestellten Mikromerkmale stimmten mit der in Nordeuropa seit 2008 als Krankheitserreger an verschiedenen Tannen-Arten nachgewiesenen Art *Neonectria neomacrospora* (C. Booth & Samuels) Mantiri & Samuels überein (vgl. TALGØ et al., 2012).

Auf der Befallsfläche im Forstrevier Seddin konnten am Stamm absterbender Kolorado-Tannen wiederholt

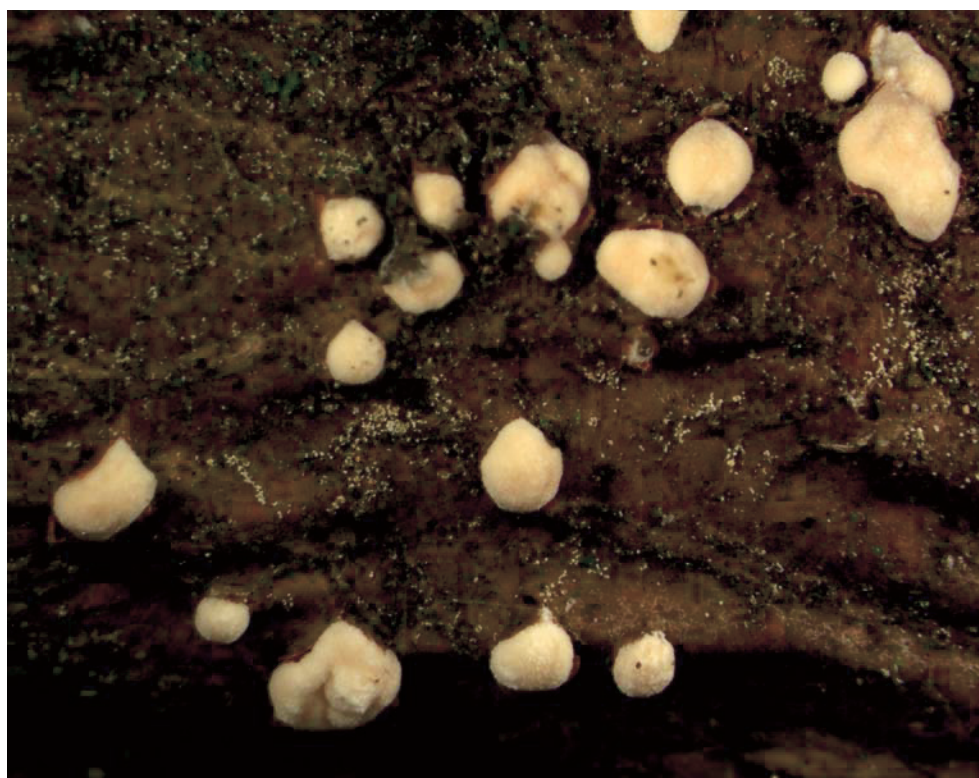


Abb. 7. Sporodochien der *Cylindrocarpon*-Anamorphe von *Neonectria neomacrospora* (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

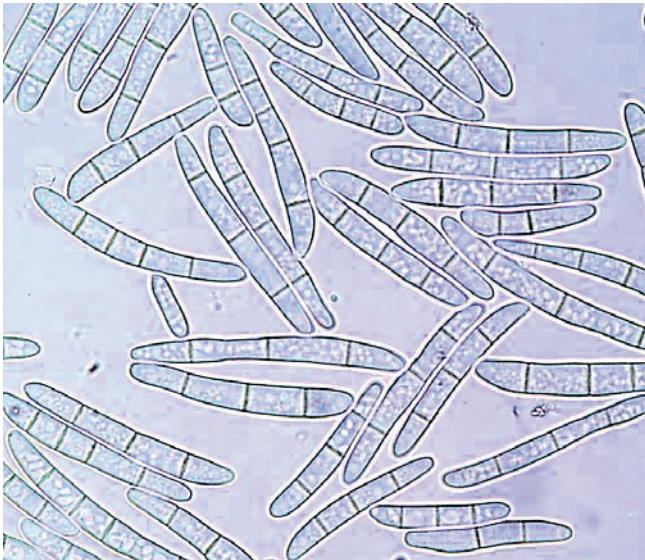


Abb. 8. Makrokonidien der *Cyindrocarpus*-Anamorphe (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

bräunlich gefärbte Mycelüberzüge des Ascomyceten *Nematogonum ferrugineum* (Pers.) S. Hughes festgestellt werden (Abb. 12). Dieser Pilz lebt als Hyperparasit „auf Pilzen der Gattung *Nectria*“ (*Neonectria*) „und deren Nebenfruchtformen“ (FEEMERS et al., 2005). Sein Auftreten kann somit auch ein Hinweis auf *Neonectria neomacrospora* sein.

Die BLAST-Analyse der ITS- und *tef1*-Sequenzen der Pilzisolat aus Seddin und Proschim ergab eindeutige



Abb. 9. Aus Bastgewebe gewonnene Reinkultur des Pilzes *Neonectria neomacrospora* (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

Übereinstimmungen mit verschiedenen Stämmen von *Neonectria neomacrospora* der verwendeten NCBI-Datenbank. Auch anhand der phylogenetischen Bäume (Abb. 13 A, B) lassen sich die brandenburgischen Isolate auf Basis der Sequenzdaten taxonomisch der Art *Neonectria neomacrospora* zuordnen. Damit konnten die mikro-

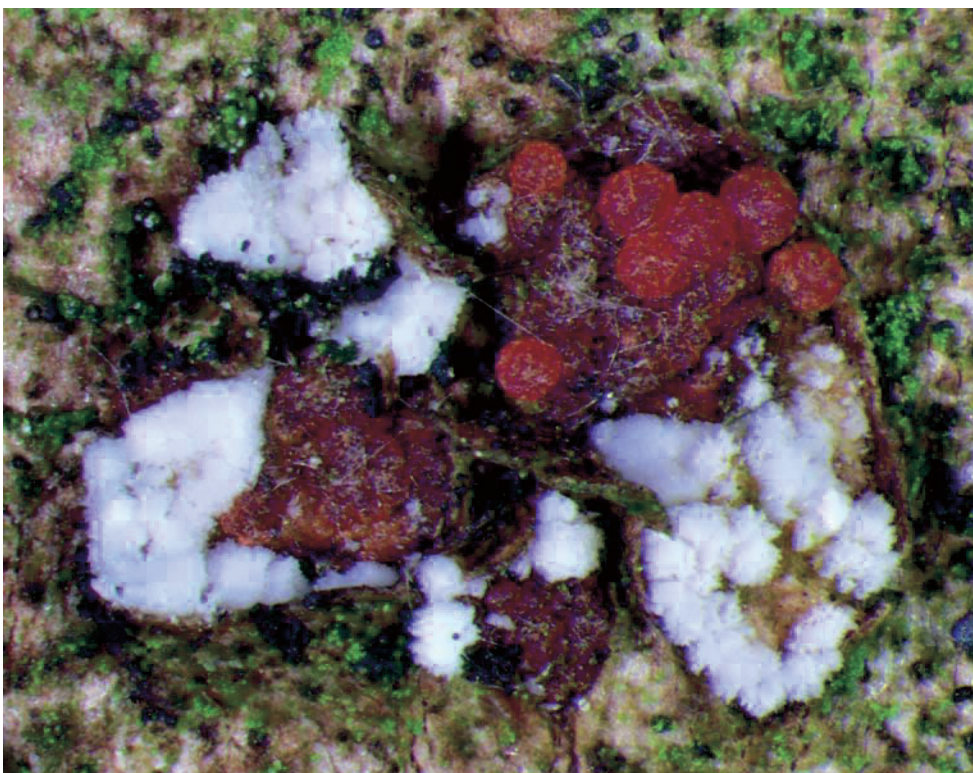


Abb. 10. Perithezien von *Neonectria neomacrospora*, in unmittelbarer Nähe der Anamorphe (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel



Abb. 11. Ascosporen von *Neonectria neomacrospora* im mikroskopischen Präparat (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

morphologischen Befunde bestätigt und die beiden Isolate zweifelsfrei identifiziert werden.

Neonectria neomacrospora wurde in der Vergangenheit unter verschiedenen wissenschaftlichen Namen geführt. Nach dem aktuellsten Stand der Nomenklatur (CAB INTERNATIONAL, 2020a) werden folgende Synonyme akzeptiert: *Calonectria macropora* Weese, *Nectria cucurbitula* var. *macropora* Wollenw., *Nectria fockeliana* var. *macropora* (Wollenw.) C. Booth, *Nectria macropora* (Wollenw.) Ouell. und *Nectria neomacrospora* C. Booth & Samuels. Bis vor kurzem betrachtete man *Cylindrocarpon cylindroides* Wollenw. noch als Anamorphe von *Neonectria neomacrospora*. Inzwischen ordnet man dieses Taxon der Art *Neonectria fockeliana* zu (CAB INTERNATIONAL, 2020b).

Nachweise von Forstinsekten

Forstwirtschaftlich schädliche Insekten wurden in den betroffenen Beständen weder in relevanten Besiedlungsdichten noch als Verursacher merklicher Schäden festgestellt. An abgestorbenen Zweigen lebender Kolorado-Tannen und an einem abgestorbenen Stämmchen (Durchmesser ca. 4 cm) befanden sich selten Brutbilder und Imagines von *Cryphalus asperatus* Gyllenhal, 1813 (Gekörnter Fichtenborkenkäfer; Coleoptera, Curculionidae; HEYDECK et al., 2015; Forstrevier Seddin). Auf der Rinde am Stamm mehrerer Bäume wurden von Februar bis Mai 2014 einige Larven der Thrips-Art *Acanthothrips nodicornis* (O. M. Reuter, 1880; Thysanoptera, Phlaeothripidae; Forstrevier Seddin, Abb. 14) gefangen. Zoologische Einzelnachweise betrafen die Rindenlaus *Cinara curvipes* (Patch, 1912; Hemiptera, Aphididae; 25.06.2015, Forstrevier Seddin) und auf der Rinde am Stamm ein Eigelege der polyphagen Grauen Gartenwanze *Rhaphigaster nebulosa* Poda, 1761 (Heteroptera, Pentatomidae; 22.05.2017, Proschim).



Abb. 12. Mycelüberzüge des Hyperparasiten *Nematogonium ferrugineum* an einem erkrankten Baum (Befallsfläche bei Seddin). Bildautoren: P. Heydeck, R. Merkel

Diskussion

Die Gattungen *Cylindrocarpon* und *Neonectria*

Vertreter der 1913 von WOLLENWEBER eingeführten, weltweit verbreiteten Formgattung *Cylindrocarpon* verkörpern vegetative Entwicklungsstadien verschiedener Ascomyceten (anamorphe Hypocreales). Der Schwerpunkt ihres Auftretens liegt wahrscheinlich in der gemäßigten Klimazone. *Cylindrocarpon*-Arten leben häufig als Saprobionten in Agrar- und Waldböden sowie in Baumschul- und Gartenerde (vgl. DOMSCH und GAMS, 1970). Regelmäßig findet man sie als Rhizosphärenbesiedler bei Gehölzen und krautigen Pflanzen. Ferner wurden *Cylindrocarpon*-Arten von abgestorbenem Pflanzenmaterial isoliert. Eine auf mikromorphologischen Merkmalen basierende monographische Studie von BOOTH (1966) berücksichtigt 27 Arten und 6 Varietäten. DOMSCH et al. (1980) gehen von rund 35 *Cylindrocarpon*-Arten aus. Fast 30 Jahre später beziffern WEBSTER und WEBER (2007) die Anzahl beschriebener Arten und Varietäten auf ungefähr 120. Bisher sind ca. 140 *Cylindrocarpon* spp. (einschließlich innerartlicher Taxa) beschrieben worden (CAB INTERNATIONAL, 2020c). Zahlreiche *Cylindrocarpon*-Arten gehören hinsichtlich ihrer Teleomorphe zu der Schlauchpilz-Gattung *Neonectria* (Ascomycota, Nectria-

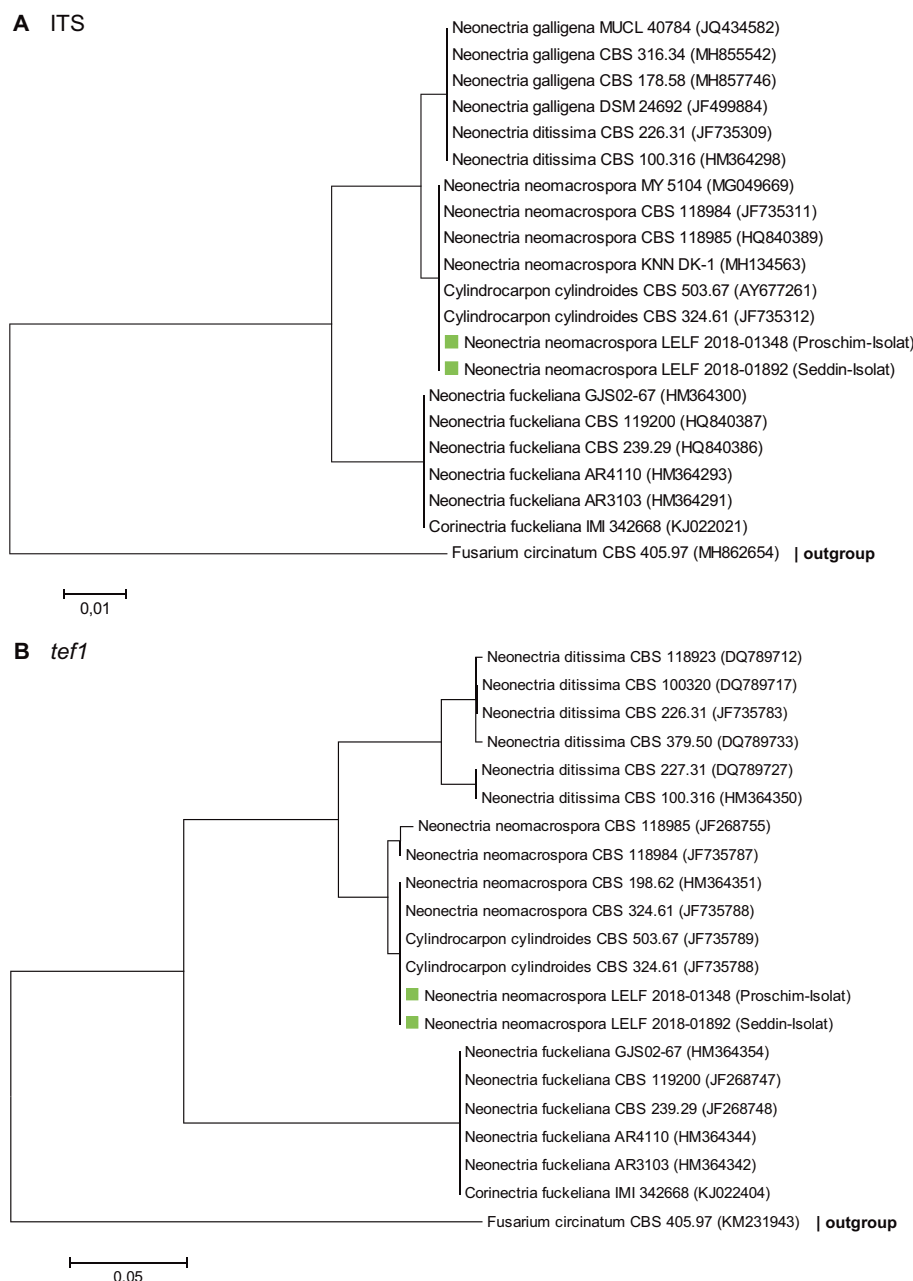


Abb. 13. Maximum-Likelihood-Tree: A. ITS- und B. *tef1*-Sequenzdaten mit *Neonectria neomacrospora* nah verwandter Arten. Das Phylogramm stellt die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den *Neonectria*-Arten dar. Die brandenburgischen *Neonectria neomacrospora*-Isolate wurden mit den grünen Quadraten gekennzeichnet. Bildautor: U. Lange

ceae). Anzumerken wäre aber, dass inzwischen eine taxonomische Revision des *Neonectria* / *Cylindrocarpum*-Komplexes anhand molekular-phylogenetischer und mikromorphologischer Untersuchungen erfolgt ist (CHAVERRI et al., 2011). Das daraus entwickelte Konzept umfasst fünf als Gattungen anerkannte Gruppierungen: *Neonectria* sensu stricto, *Rugonectria*, *Thelonectria*, *Ilyonectria*, *Campylocarpum*.

Cylindrocarpum-Arten werden im Allgemeinen als Saprobionten oder schwache Parasiten eingestuft (z.B. WEBSTER und WEBER, 2007). Einige von ihnen sind in der Lage, unter bestimmten Voraussetzungen lebendes Pflanzengewebe anzugreifen. Solche Arten können als Erreger von Pflanzenkrankheiten in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Zierpflanzenbau Bedeutung erlangen. An Gehölzen verursachen sie Wurzelfäule, Rinden-

nekrosen bzw. Rindenkrebs. *Cylindrocarpum* spp. zählen neben Pilzen aus den Gattungen *Fusarium* und *Rhizoctonia* sowie pilzähnlichen Mikroorganismen (*Pythium*, *Phytophthora*) zu den häufigsten Erregern von Wurzelkrankheiten in Baumschulen (vgl. EDMONDS, 2013). Ein repräsentatives Beispiel hierfür ist *Ilyonectria destructans* (Zinssm.) Rossman, L. Lombard & Crous (Syn.: *Cylindrocarpum destructans* [Zinssm.] Scholten). Eigentlich gilt der genannte Pilz als nichtparasitärer Besiedler der Wurzeloberfläche (Rhizosphäre) zahlreicher Gehölze und krautiger Pflanzen. Bereits KLUGE (1965) schätzt ein, dass diese Art – früher unter dem Namen *Cylindrocarpum radicola* bekannt – neben *Trichoderma viride* Pers. der häufigste wurzelbewohnende Pilz aller Forstgehölze ist. Dennoch kam es in Verbindung mit *Ilyonectria destructans*, wenn auch nur in größeren Zeitabständen, wieder-



Abb. 14. *Acanthothrips nodicornis*, Larve (Befallsfläche bei Seddin). Bildautorin: K. Hielscher

holt zu schwerwiegenden Schäden an jungen Eichen (*Quercus* spp.) und Rot-Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Offenbar war die Prädisposition für den Befall durch strengen Winterfrost und Staunässe beim Abtauen herbeigeführt worden (KEßLER, 1988). Gravierende Pflanzenverluste wurden in Forstbaumschulen und Jungkulturen, in Unter- und Voranbauten sowie an eingeschlagenem Pflanzenmaterial registriert. BUTIN (2019) verweist auf die besondere Gefährdung ausgehobener und in den Einschlag gebrachter Pflanzen.

Eine weitere Art mit phytoparasitischem Potenzial ist *Cylindrocarpon didymum* (Harting) Wollenw. So berichten WERRES et al. (1992) über das Auftreten dieses in Waldböden weit verbreiteten Pilzes an mehrjährig gelagertem Saatgut von *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. und *Q. robur* L. Infektionsversuche mit einem isolierten Pilzstamm waren erfolgreich. Auch aus anderen Ländern bzw. Kontinenten liegen Mitteilungen über das Vorkommen von *C. didymum* als Krankheitserreger an verschiedenen Pflanzenarten vor. Beispielsweise verursachte der Pilz im Südwesten Australiens Wurzelfäule an *Trifolium subterraneum* L. (BARBETTI, 2005). Über ein parasitisches Vorkommen von *C. didymum* an *Hibiscus sabdariffa* L. im Süden Irans berichten NAJAFINIYA und AZADVAR (2011).

In Verbindung mit parasitär bedingten Rindenschäden ist besonders auf die an zahlreichen Wald- und Parkbäumen sowie Obst- und Ziergehölzen Ast- und Stammkrebs verursachende Art *Neonectria ditissima* hinzuweisen („Nectria-Krebs“).

Auch *Neonectria fockeliana* gehört in diese Kategorie. Der Krankheitserreger führt vorwiegend an Sitka-Fichte (*Picea sitchensis* [Bong.] Carrière) zu auffälligen Rinden-

nekrosen und Baumkrebs. Bekannt ist die Symptomatik unter der Bezeichnung „Nectria-Krebs der Fichte“ bzw. „Fichtenrindenkrankheit“ (BUTIN, 2019). Außerdem soll noch auf *Neonectria coccinea* (Pers.) Rossman & Samuels hingewiesen werden: NIESAR et al. (2007) stellen fest, dass dieser Pilz in den höheren Lagen des Sauerlandes (Nordrhein-Westfalen) maßgeblich bei der Entstehung der Buchenrindennekrose mitwirkt und dort als „eigentlicher Erreger der Krankheit“ anzusehen ist.

Die anamorphen Entwicklungsstadien der genannten *Neonectria*-Arten entsprechen dem *Cylindrocarpon*-Typ. Aufgrund vermehrt aufgetretener Schäden steht die Art *Neonectria neomacrospora* zunehmend im Fokus der phytopathologischen Forschung.

Neonectria neomacrospora – Krankheitsgeschehen und aktuelle Verbreitung

Das in Brandenburg an Kolorado-Tannen festgestellte Krankheitsbild wird in Skandinavien bereits seit einigen Jahren beobachtet. Hierzu berichten TALGØ et al. (2012) über eine 2008 im Süden Norwegens entdeckte neue, schwerwiegende Krebserkrankung an *Abies concolor*, verursacht durch eine *Neonectria*-Art. Der als *Neonectria neomacrospora* bestimmte Krankheitserreger wurde in Norwegen offenbar bereits im Jahr 2002 gefunden (NORDÉN und JORDAL, 2015). Im Südosten des Landes konnte der Pilz in der Nähe erkrankter Kolorado-Tannen auch an Sibirischer Tanne (*Abies sibirica* Ledeb.), Felsengebirgs-Tanne (*A. lasiocarpa* [Hook] Nutt.) und Gemeiner Fichte (*Picea abies* [L.] H. Karst.) nachgewiesen werden (vgl. TALGØ, 2009). In der Zeit danach kamen in Norwegen weitere Standorte mit Befall an *Abies concolor* hinzu. 2011 wurde der Erreger in Weihnachtsbaumkulturen (an *A. lasiocarpa*) diagnostiziert. Im selben Jahr trat die Krankheit auch in Dänemark auf. Betroffen waren dort die Tannen-Arten *Abies concolor*, *A. lasiocarpa*, *A. nordmanniana* (Steven) Spach (Nordmann-Tanne) und *A. procera* Rehd. (Edel-Tanne). Die Schäden konzentrierten sich – je nach Baumart – in einer Aufforstung, einem Herkunftsversuch, einem Arboretum, einer Samenplantage bzw. in einer Weihnachtsbaumkultur (vgl. TALGØ et al., 2011). Daneben kam es in Norwegen und Dänemark zu Schäden an weiteren *Abies*-Arten (EPPO, 2013). Symptome der Krankheit wurden auch in Schweden an Kolorado-Tanne und Nordmann-Tanne registriert (TALGØ et al., 2012; PETTERSSON et al., 2016). Als typische Krankheitsmerkmale werden abgestorbene Triebe und tote, herabhängende Äste sowie krebsartige Wunden mit abgestorbenem inneren Rindengewebe und starkem Harzfluss angeführt (TALGØ et al., 2012).

Inzwischen konnte *Neonectria neomacrospora* in weiteren europäischen Ländern als Krankheitserreger nachgewiesen werden. So berichten SCHMITZ et al. (2017) über ein parasitisches Vorkommen des Pilzes in einer Naturverjüngung an 5 bis 10 Jahre alten Küsten-Tannen (*Abies grandis*) im Süden Belgiens. Im Februar 2018 wurde der Krankheitserreger im Südosten Finnlands – in einem Arboretum an erkrankten Kolorado-Tannen – festgestellt (UIMARI et al., 2018). In Frankreich verursachte *N. neo-*

macrospora Schäden an Weiß-Tanne (*Abies alba* Mill.). Betroffen war ein 50 ha großer, natürlich verjüngter Bestand in den Pyrenäen (SAURAT et al., 2018). Zum Vorkommen des Pilzes in Großbritannien ist bekannt, dass er bereits seit den 1950er Jahren sporadisch an *Abies cephalonica* Loudon, *A. concolor* und *A. procera* aufgetreten ist. Seit dem Jahr 2015 werden in England und Wales vermehrt Schäden durch den Krankheitserreger an zahlreichen *Abies*-Arten registriert (PÉREZ-SIERRA et al., 2016; PÉREZ-SIERRA und HENDRY, 2018). Befall wurde in Aufforstungen, Gärten und Arboreten festgestellt. Ältere Berichte zum Vorkommen von *Neonectria neomacrospora* in Europa sind aufgrund taxonomischer und nomenklatorischer Veränderungen nicht sicher einzuordnen.

Neonectria neomacrospora ist in den EU-Mitgliedstaaten inzwischen weit verbreitet. In Deutschland gilt der Pilz als etabliert (JKI, 2019). Er wird deshalb nicht als Quarantäneschadorganismus betrachtet. Außer in Brandenburg wurde der Krankheitserreger in Bayern (FEEMERS et al., 2005) und Niedersachsen (NW-FVA, 2018), vermutlich auch in Baden-Württemberg (JOHN, 2011) gefunden. Betroffen waren dort die Baumarten *Abies alba* und *A. grandis*.

Neonectria neomacrospora kommt auch in Nordamerika (Kanada, USA) vor (EPPO, 2017; JKI, 2019). Darüber hinaus wurde der Krankheitserreger in Asien (China, Provinz Hubei) nachgewiesen (ZENG und ZHUANG, 2016).

Die natürliche Ausbreitung des Pilzes über größere Entfernungen erfolgt wahrscheinlich durch Ascosporen, die mit Luftströmungen transportiert werden. Dagegen bewirken die Konidiosporen vermutlich Infektionen im Nahbereich, nachdem sie wohl meist mit Regentropfen auf benachbarte Bäume übertragen werden. Diskutiert wird außerdem eine Verbreitung des Krankheitserregers durch Insekten sowie über Saatgut (PÉREZ-SIERRA et al., 2016). Von besonderer Bedeutung sind die anthropogenen Verbreitungswege. So ist eine Verschleppung des Pilzes in entfernte Gebiete mit infiziertem Pflanzenmaterial möglich.

Phytopathologische Charakterisierung diagnostizierter Begleitpilze

Der Ascomycet *Lachnellula subtilissima* gilt allgemein als Saprobiont (BREITENBACH und KRÄNZLIN, 1984; GERHARDT, 1995; JAHN, 2005). Es existieren aber auch Mitteilungen über durch ihn verursachte Schäden an Koniferen. So berichtet KUJALA (1950) aus Finnland über das Auftreten von „*Dasyscypha*“ (= *Lachnellula*) *subtilissima* an lebenden Ästen von Wald-Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) – assoziiert mit Krebswunden. Zudem fand KUJALA den Pilz an wuchskräftigen Stämmen ca. 20 Jahre alter „Murraykiefen“ (*Pinus* „*murrayana*“ = *P. contorta* var. *latifolia* Engelm.) in Verbindung mit Rindennekrosen bzw. starkem Harzfluss. An schwer geschädigten Bäumen wurde die Art zusammen mit „*Crumenula*“ *sororia* (= *Crumenulopsis sororia* [P. Karst.] J. W. Groves) – bekannt als Erreger des Stammkrebses der Dreh-Kiefer – und anderen phytopathogenen Pilzen beobachtet. Eine objektive Bewertung der parasitischen Aktivität von

Lachnellula subtilissima war in diesen Fällen nicht möglich. Einmal sei der Pilz auch „an der frostbeschädigten Rinde von *Abies concolor*“ vorgekommen. KUJALA (1950) charakterisiert *Lachnellula subtilissima* als Pilzart „mit parasitischen Neigungen“, die „insbesondere für die Murraykiefer“ gefährlich werden kann. Umfangreiche Schäden scheinen in den finnischen Wäldern jedoch nicht entstanden zu sein (vgl. auch WEISSENBERG, 1975).

SCHUMACHER et al. (2015) berichten über ein seit 2013 in verschiedenen Teilen des Schwarzwaldes beobachtetes nesterweises Absterben junger Weiß-Tannen (*Abies alba*) in Verbindung mit einer nicht näher bestimmten *Lachnellula*-Art. Das neuartige Krankheitsbild ist durch Rindenbrand, Krebs- und Rissbildungen sowie Harzfluss an Ästen und Stämmen charakterisiert. Meist beginnt das Absterben der Bäume vom Wipfel her. Die Autoren schätzen aber ein, dass neben der noch zu identifizierenden *Lachnellula*-Art auch die Tannentrieblaus, *Adelges nordmannianae* (Eckstein, 1890), in den Schädigungsprozess involviert sein könnte.

Als Erreger der gravierenden Absterbeprozesse an Kolorado-Tanne in Brandenburg kommt *Lachnellula subtilissima* nicht in Betracht. Der genannte Pilz verfügt lediglich über eine schwach parasitische Potenz. Außerdem wurde er in den betroffenen Beständen nur vereinzelt nachgewiesen.

Insekten

Bezüglich der Besiedelung von *Abies concolor* durch Insekten in Mitteleuropa existieren nur wenige Publikationen (z.B. EIDMANN, 1987; SCHEURER und BINAZZI, 2004; HEYDECK et al., 2015).

Die invasive, ursprünglich aus Nordamerika stammende Blattlausart *Cinara curvipes* hat sich seit 1999, dem Jahr des europäischen Erstfundes, stark in Mitteleuropa ausgebreitet und das Spektrum ihrer Wirtsbaumarten erweitert (JURC et al., 2009; HALAJ und OSIADACZ, 2015). Sie besiedelt neben einer Reihe weiterer Nadelbaumarten oft auch *Abies concolor*, was SCHEURER und BINAZZI (2004) auch für ihren Erstfund in Brandenburg beschreiben (JURC et al., 2009; HALAJ und OSIADACZ, 2015). Abgesehen von starker Honigtaubildung und gegebenenfalls nachfolgend wachsenden Rußtaupilzen berichten die meisten Autoren nicht von merklichen Schäden durch *Cinara curvipes* an ihren Wirtsbäumen (SCHEURER und BINAZZI, 2004; JURC et al., 2009; PERNY, 2014; HALAJ und OSIADACZ, 2015). Nur POLJAKOVIĆ-PAJNIK und PETROVIĆ-OBRAĐOVIĆ (2002) stellen das Absterben ca. 20 Jahre alter *Abies concolor* nach zweijähriger Besiedelung in Serbien fest.

Die mehrfach nachgewiesene holarktische Thripsart *Acanthothrips nodicornis* ernährt sich von bisher unbestimmten Pilzhyphen (MOUND et al., 1976; HODDLE et al., 2012). Exemplare dieser Fransenflüglerart wurden bisher bezüglich des Substrates an toten Ästen, unter loser Rinde und auf Stubben sowie bezüglich der Baumgattung an Laubbäumen (*Platanus*, *Populus*, *Betula*) nachgewiesen (FRANKLIN und AMHERST, 1903; HOOD, 1912; HODDLE et al., 2012; KOBRO, 2014). Vereinzelt ist die Art

auch über das gesamte Jahr (Kälteresistenz) an Nadelbäumen, oftmals mit *Phlaeothrips coriaceus* Haliday, 1836 zu finden (SCHLIEPHAKE und KLIMT, 1979). Die Artzugehörigkeit des Nahrungspilzes ist für Thripse, insbesondere für zahlreiche Vertreter der Phlaeothripidae, in der Regel von größerer Bedeutung als die Baumart, auf der sie leben.

Die Borkenkäferart *Cryphalus asperatus* reproduziert an verschiedenen Arten der Nadelbaumgattungen *Picea*, *Abies* und *Pinus* sowie an *Larix decidua*, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl. und *Juniperus communis* L. (POSTNER, 1974; FREUDE et al., 1981; WOOD und BRIGHT, 1992; PFEFFER, 1995; BRIGHT und SKIDMORE, 1997). *Abies concolor* wird in diesen Übersichtsarbeiten nicht als Wirtsbaum benannt. In Dänemark wurde *Neonectria neomacrospora* oft gemeinsam mit *Cryphalus piceae* (Ratzeburg, 1837) gefunden (PÉREZ-SIERRA et al., 2016). Die Vermutung einer Verbindung zwischen diesem Borkenkäfer und dem Pilz bzw. einer möglichen Funktion des Borkenkäfers als Vektor für den Pilz ist bisher nicht bestätigt (EPPO, 2013; PÉREZ-SIERRA und HENDRY, 2018). EIDMANN (1987), der die Besiedelung nichtheimischer Nadelhölzer (Polter) durch Borken- und Bockkäfer untersuchte, konnte an *Abies concolor* nur Bruten des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus* L., 1760) feststellen, die jedoch keine Jungkäfer hervorbrachten.

2005 beschreiben FEEMERS et al. erstmals ein durch die Autoren als „Tannen-Rindennekrose“ bezeichnetes Krankheitsbild an *Abies alba* (vgl. auch PETERCORD, 2011). Das komplexe Krankheitsgeschehen beruht auf der Kombination aus einer starken Besiedelung und Schädigung der Rinde durch *Adelges piceae* (Ratzeburg, 1843) und der nachfolgenden Infektion durch *Neonectria* („*Nectria*“) *neomacrospora* (FEEMERS et al., 2005). In Deutschland wurde die Tannen-Rindennekrose seit 2001 in Bayern, 2007 in Baden-Württemberg und 2016 in Niedersachsen festgestellt (FEEMERS et al., 2005; JOHN, 2011; NW-FVA, 2018). Auf den brandenburgischen Befallsflächen von *Neonectria neomacrospora* wurden Läuse der Gattung *Adelges* weder in merklichen Dichten noch durch alte Wachswollebeläge auf der Rinde nachgewiesen.

Zusammenfassend konnten auf den brandenburgischen Befallsflächen von *Neonectria neomacrospora* an *Abies concolor* keine Hinweise auf eine Vorschädigung der Bäume durch Insekten festgestellt werden. Von einer Komplexkrankheit ähnlich der Tannen-Rindennekrose an *Abies alba* ist in den vorliegenden Fällen nicht auszugehen.

Prognose

Eine Prognose des Auftretens von *Neonectria neomacrospora* ist zurzeit schwierig. In Gebieten, wo die Tannen-Rindennekrose aufgrund zunehmend günstiger Klimabedingungen für Massenvermehrungen der Tannenstammlaus (*Adelges piceae*) stärker in Erscheinung tritt, dürfte auch der Pilz gehäuft vorkommen (vgl. JKI, 2019). Die in Brandenburg durchgeführten Untersuchungen zeigen aber, dass *Neonectria neomacrospora* – zumindest an *Abies concolor* – auch ohne besondere Vorschädigung oder Vektoren gravierende Absterbeprozesse

auszulösen vermag. Ob der Krankheitserreger im Nordostdeutschen Tiefland künftig an Bedeutung gewinnt und möglicherweise auch an anderen Baumarten Schäden verursacht, lässt sich nur schwer abschätzen. Aufgrund dieser Unsicherheiten sollte das Auftreten von *Neonectria neomacrospora* sowohl in Wäldern als auch in Baumschulen und Weihnachtsbaumplantagen sowie im öffentlichen Grün weiter verfolgt werden.

Nach aktuellem Stand (EPPO, 2020b) wurde *Neonectria neomacrospora* in der EPPO-Region bislang an folgenden Baumarten nachgewiesen: *Abies alba*, *A. amabilis* Douglas ex J. Forbes, *A. balsamea* (L.) Mill., *A. balsamea* var. *phanerolepsis* Fernald, *A. cephalonica*, *A. concolor*, *A. durangensis* Martínez, *A. fargesii* Franch., *A. fraseri* (Pursh) Poir., *A. grandis*, *A. kawakamii* (Hayata) T. Itô, *A. koreana* E. H. Wilson, *A. lasiocarpa*, *A. magnifica* A. Murray bis, *A. nebrodensis* (Lojac.) Mattei, *A. nordmanniana*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, *A. numidica* de Lannoy ex Carrière, *A. pinsapo* Boiss., *A. procera*, *A. sibirica*, *A. vejarii* Martínez, *Picea abies*, *Pseudotsuga menziesii*, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.

Spezifische Gegenmaßnahmen zur Abwehr von *Neonectria neomacrospora* sind im Forstbereich bislang nicht bekannt. Um einer Infektion vorzubeugen bzw. die weitere Ausbreitung des Krankheitserregers zu erschweren, sollten Kolorado-Tannen nicht zu lange im Dichtstand verbleiben. Außerdem empfiehlt es sich, Standorte mit hoher, stagnierender Luftfeuchtigkeit nicht für den Anbau von *Abies concolor* zu nutzen. Geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Inokulumpotenzials sind die Entnahme befallener Bäume und die Vernichtung von infiziertem Pflanzenmaterial. Für Weihnachtsbaumplantagen wird auch der Einsatz von Fungiziden diskutiert (TALGØ et al., 2012; EPPO, 2017). Das mit *Neonectria neomacrospora* verbundene phytosanitäre Risiko für Deutschland und die EU-Mitgliedsstaaten wird als hoch eingeschätzt (JKI, 2019). Seit 2017 findet sich der Krankheitserreger in der Frühwarnliste der EPPO (EPPO, 2020a).

Interessenskonflikte

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

- BARAL, H.O., 1984: Taxonomische und ökologische Studien über die Koniferen bewohnenden europäischen Arten der Gattung *Lachnellula* Karsten. Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas 1, 143-156.
- BARAL, H.O., 2000: Dichotomous key to *Lachnellula* (worldwide). Zugriff: 11.01.2020, URL: http://www.ascofrance.com/uploads/forum_file/Lachnellula-Baral-2008-0001.pdf.
- BARBETTI, M.J., 2005: *Cylindrocarpum didymum* – a root pathogen of subterranean clover in the lower south-west of Western Australia. Australasian Plant Pathology 34 (1), 111-114.
- BOOTH, C., 1966: The genus *Cylindrocarpum*. Mycological Papers, No. 104, 1-56.

- BREITENBACH, J., F. KRÄNZLIN, 1984: Pilze der Schweiz. Band 1 (Ascomyceten). Luzern, Mykologia.
- BRIGHT, D.E., R.E. SKIDMORE, 1997: A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). Suppl. 1 (1990–1994). Ottawa, NRC Research Press.
- BUTIN, H., 2019: Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Stuttgart, Ulmer.
- CAB INTERNATIONAL, 2020a: CABI Bioscience databases – Index Fungorum. Zugriff: 12.01.2020, URL: <http://www.speciesfungorum.org/Names/SynSpecies.asp?RecordID=473989>.
- CAB INTERNATIONAL, 2020b: CABI Bioscience databases – Index Fungorum. Zugriff: 12.01.2020, URL: <http://www.speciesfungorum.org/Names/SynSpecies.asp?RecordID=504382>.
- CAB INTERNATIONAL, 2020c: CABI Bioscience databases – Index Fungorum. Zugriff: 12.01.2020, URL: <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>.
- CARBONE, I., L.M. KOHN, 1999: A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia* **91**, 553–556.
- CHAVERRI, P., C. SALGADO, Y. HIROOKA, A.Y. ROSSMAN, G.J. SAMUELS, 2011: Delimitation of *Neonectria* and *Cylindrocarpon* (Nectriaceae, Hypocreales, Ascomycota) and related genera with *Cylindrocarpon*-like anamorphs. *Studies in Mycology* **68**, 57–78, DOI: 10.3114/sim.2011.68.03.
- DOMSCH, K.H., W. GAMS, 1970: Pilze aus Agrarböden. Jena, Fischer.
- DOMSCH, K.H., W. GAMS, T.-H. ANDERSON, 1980: Compendium of Soil fungi. Vol. 1 and 2, London, Academic Press.
- EDMONDS, R.L., 2013: General Strategies of Forest Disease Management. In: *Infectious Forest Diseases*. GONTHIER, P., G. NICOLOTTI (Hrsg.), Wallingford, Boston, CAB INTERNATIONAL, S. 29–49.
- EIDMANN, H.H., 1987: Der Befall von Scolytiden und Cerambyciden an Stammabschnitten fremdländischer Koniferen in Schweden. *Journal of Applied Entomology* **103**, 278–283.
- EPPO, 2013: *Neonectria* canker of *Abies* spp. in Denmark and Norway: a new emerging disease. EPPO Reporting Service no. 11. Zugriff: 05.05.2014, URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-2696>.
- EPPO, 2017: *Neonectria neomacrospora* an emerging disease of fir trees in Northern Europe: addition to the EPPO Alert List. EPPO Reporting Service no. 06, Num. article, 2017/120. Zugriff: 14.01.2020, URL: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6088>.
- EPPO, 2020a: EPPO Alert List. Zugriff: 08.01.2020, URL: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list.
- EPPO, 2020b: EPPO Global Database. Zugriff: 14.01.2020, URL: <https://gd.eppo.int/taxon/NECTMA/hosts>.
- FEEMERS, S.M., M. BLASCHKE, K.J. LANG, 2005: Tannen-Rindennekrose – eine Komplexkrankheit an der Weißtanne. *AFZ-DerWald* **60** (4), 178–179.
- FRANKLIN, H.J., B.S. AMHERST, 1903: Notes on *Acanthothrips*. *Psyche*, 221–223.
- FREUDE, H., K.W. HARDE, G.A. LOHSE, 1981: Die Käfer Mitteleuropas. Band 10. Krefeld, Goecke & Evers.
- GERHARDT, E., 1995: BLV Handbuch Pilze. München, BLV.
- HALAJ, R., B. OSIADACZ, 2015: On foreign land: the conquest of Europe by *Cinara curvipes* (Patch, 1912). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* **62**, 261–265.
- HEYDECK, P., K. HIELSCHER, C. DAHMS, 2015: Ein neues Krankheitsbild an Coloradotanne in Brandenburg. *AFZ-DerWald* **70** (2), 11–14.
- HODDLE, M.S., L.A. MOUND, D.L. PARIS, 2012: *Thrips of California*. CBIT Publishing, Queensland. Zugriff: 14.02.2018, URL: https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/thrips_of_california/identify-thrips/key/california-thysanoptera-2012/Media/Html/browse_species/Acanthothrips_nodicornis.htm.
- HOOD, J.D., 1912: On North American Phlaeothripidae (Thysanoptera), with Descriptions of two new Species. *Canadian Entomologist*, 137–144.
- JAHN, H., 2005: Pilze an Bäumen. Berlin, Hannover, Patzer.
- JKI, 2019: Express – PRA zu *Neonectria neomacrospora*. Julius Kühn-Institut (Bearb.: A. Wilstermann, C. Douanla-Meli, G. Schrader, B. Hoppe). Fassung vom 15.04.2019. Zugriff: 14.01.2020, URL: https://pflanzengesundheit.julius-kuehn.de/dokumente/upload/Neonectria-neomacrospora_exp-pra-rev2.pdf.
- JOHN, R., 2011: Tannen-Rindennekrose in Baumhölzern. *AFZ-DerWald* **66** (11), 32–35.
- JURC, M., L. POLJAKOVIC-PAJNIK, D. JURC, 2009: The first record of *Cinara curvipes* (Patch, 1912) (Homoptera, Aphididae) in Slovenia and its possible economic impact. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* **88**, 21–29.
- KAHR, H., W. MAURER, C. SCHEUER, D. FRIESACHER, A. ARON, 2009: Die Haarbecherchen (*Lachnellula*-Arten) der Steiermark. *Joannea Botanik* **7**, 63–88.
- KEßLER, W., 1988: Wurzelfäule an Jungpflanzen von Eiche und Rotbuche durch *Cylindrocarpon destructans*. *Die Sozialistische Forstwirtschaft* **38** (4), 110–111.
- KLUGE, E., 1965: Untersuchungen über die Pathogenität von *Cylindrocarpon radicola* Wr. gegenüber Forstpflanzensämlingen. Dissertation, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, 111 S.
- KOBRO, S., 2014: Sampling *Phlaeothrips annulipes* O. M. Reuter (Thysanoptera: Tubulifera) from its habitat, dead birch branches. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **42** (2), 353–360.
- KOPP, D., W. SCHWANECKE, 1994: Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- KRÜSSMANN, G., 1979: Die Nadelgehölze. Berlin und Hamburg, Parey.
- KUJALA, V., 1950: Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* **38**, 1–121.
- LOCKOW, K.-W., 2002: Ergebnisse der Anbauversuche mit amerikanischen und japanischen Baumarten. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.), Potsdam, Eberswalde, Bäßler, S. 41–101.
- LOCKOW, K.-W., J. LOCKOW, 2007: Anbau der Großen Küstentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht. *Forstarchiv* **78**, 158–165.
- MERKEL, R., 2018: Ursachenanalyse einer neuartigen Trieb- und Rindenerkrankung an Kolorado-Tanne (*Abies concolor* [GORDON] LINDL. ex HILDEBR.) im Bundesland Brandenburg. Masterarbeit, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 101 S.
- MINTER, D.W., 2005: *Lachnellula subtilissima*. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria, No. 1649. Egham, CABI Bioscience, CAB INTERNATIONAL. Zugriff: 28.01.2020, URL: <https://www.cabi.org/isc/abstract/20063068720>.
- MOUND, L.A., G.D. MORISON, B.R. PITKIN, J.M. PALMER, 1976: Thysanoptera. Handbooks for the Identification of British Insects. Vol. 1, Part 11. Royal Entomological Society of London.
- MÜLLER, J., K. MÜLLER, 2002: Das Vorkommen ausländischer Baumarten im Land Brandenburg. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.), Potsdam, Eberswalde, Bäßler, S. 10–21.
- NAJAFINYA, M., M. AZADVAR, 2011: *Cylindrocarpon didymum*: crown and root pathogen of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Indian Phytopathology* **64** (4), 376–377.
- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NCBI), 2018: Basic Local Alignment Search Tool. Zugriff: *Neonectria neomacrospora* LELF 2018-01348 (Isolat Proschim): 09.11.2018, 14:54 Uhr (ITS) und 20.12.2018, 14:17 Uhr (*tef1*), *Neonectria neomacrospora* LELF 2018-01892 (Isolat Seddin): 14.11.2018, 17:20 Uhr (ITS) und 20.12.2018, 14:23 Uhr (*tef1*), URL: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>.
- NIESAR, M., G. HARTMANN, R. KEHR, L. PEHL, A. WULF, 2007: Symptome und Ursachen der aktuellen Buchenrindenerkrankung in höheren Lagen von Nordrhein-Westfalen. *Forstarchiv* **78**, 105–116.
- NIMSCH, H., 2004: Erfahrungen mit *Abies*-Arten in Südwestdeutschland. Zugriff: 12.01.2020, URL: http://www.hubertus-nimsch.de/images/i_wi_ver/i_abies_swd/Abies-Jahrbuch-Bericht.pdf.
- NORDÉN, B., J.D. JORDAL, 2015: A checklist of Norwegian Sordariomycetes. *Agarica* **36**, 55–74.
- NW-FVA, 2018: Tannen-Rindennekrose. *Waldschutzinfo* Nr. 12/2018. Zugriff: 14.01.2020. URL: https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Waldschutz-Info_2018/Waldschutzinfo_12-2018_Tannen-Rindennekrose.pdf.
- O'DONNELL, K., H.C. KISTLER, E. CIGELNIK, R.C. PLOETZ, 1998: Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* **98**, 2044–2049.
- PÉREZ-SIERRA, A., C. GORTON, J. WEBBER, 2016: *Neonectria* canker of *Abies*. *Forest Research, Pathology Advisory Note* **16**. Zugriff: 14.02.2018, URL: https://www.forestresearch.gov.uk/documents/4970/Path_Note_16_Neonectria.pdf.
- PÉREZ-SIERRA, A., S. HENDRY, 2018: *Neonectria* canker of *Abies*. *Forest Research*. Zugriff: 14.02.2018, URL: <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/pest-and-disease-resources/neonectria-canker-of-abies>.
- PERNY, B., 2014: Die Coloradotannen-Rindenlaus, *Cinara curvipes* – Ein harmloser Einwanderer aus Nordamerika in Österreichs Christbaumkulturen und Gärten? *Forstschutz Aktuell* **60/61**, 28–30.
- PETERCORD, R., 2011: Von Donnerbüschen, Rüsslern, Saurem Regen und Rehen – zur Waldschuttsituation der Weißtanne. *LWF Wissen* **66**, 28–40.

- PETERCORD, R., L. STRÄßER, 2012: Der Lärchenkrebs – die schwerwiegendste Erkrankung der Lärche. Beiträge zur Europäischen Lärche. LWF Wissen **69**, 56–59.
- PETTERSSON, M., J. FRAMPTON, J. RÖNNBERG, V. TALGØ, 2016: Neonectria canker found on spruce and fir in Swedish Christmas tree plantations. Plant Health Progress **17**, 202–205. Zugriff: 16.01.2020, URL: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHP-BR-16-0017>.
- PFEFFER, A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologia, Naturhistorisches Museum Basel (Entomologica Basiliensia **17** [1994]).
- POLJAKOVIĆ-PAJNIK, L., O. PETROVIĆ-OBRAĐOVIĆ, 2002: Bow-legged Fir Aphid *Cinara curvipes* (Patch) (Aphididae, Homoptera) New Pest of *Abies concolor* in Serbia. Acta entomologica serbica **7**, 147–150.
- POSTNER, M., 1974: Scolytidae (= Ipsidae), Borkenkäfer. In: *Die Forstschädlinge Europas*. Band 2: Käfer. SCHWENKE, W. (Hrsg.), Hamburg, Berlin, Parey, S. 334–482.
- SAURAT, C., N. SCHENCK, C. FOURRIER-JEANDEL, L. BIALAIS, J.-B. DAUBRÉE, R. IOOS, 2018: First Report of *Neonectria neomacrospora* Causing European Silver Fir (*Abies alba*) Dieback in France. Zugriff: 14.01.2020, URL: <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0998-PDN>.
- SCHENCK, C.A., 1939: Fremdländische Wald- und Parkbäume. Bände I bis III. Berlin, Hamburg, Parey.
- SCHURER, S., A. BINAZZI, 2004: Notes on bio-ecology of *Cinara curvipes* (Patch), a newly introduced species into Europe (Aphididae, Lachnidae). Redia LXXXVII, 61–65.
- SCHILL, H., 2002: Vegetationsökologie wichtiger nordwestamerikanischer Baumarten und Schlussfolgerungen für die Forstwirtschaft im nordostdeutschen Tiefland. In: *Ausländische Baumarten in Brandenburgs Wäldern*. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Landesforstanstalt Eberswalde (Hrsg.), Potsdam, Eberswalde, Bäßler, S. 22–40.
- SCHLIEPHAKE, G., K.-H. KLIMT, 1979: Thysanoptera, Fransenflügler. Die Tierwelt Deutschlands, 66. Teil, Jena, Fischer.
- SCHMITZ, S., A. CHARLIER, A. CHANDELIER, 2017: First report of *Neonectria neomacrospora* on *Abies grandis* in Belgium. New Disease Reports **36**, 17, DOI: 10.5197/j.2044-0588.2017.036.017.
- SCHUMACHER, J., R. JOHN, A. DOUNAVI, 2015: Der *Lachnellula*-Krebs an *Abies alba* – ein neuartiges Krankheitsphänomen in den Tannengebieten des Schwarzwaldes. Jahrbuch der Baumpflege, 45–51.
- SCHÜTT, P., U.M. LANG, 2004: *Abies concolor* (Gord. et Glend.) Lindl. ex Hildebr. In: *Lexikon der Nadelbäume*. Schütt, Weisgerber, Schuck, Lang, Stimm, Roloff (Hrsg.), Hamburg, Nikol, S. 35–44.
- SCHÜTT, P., K.J. LANG, H.J. SCHUCK, 1984: Nadelhölzer in Mitteleuropa. Stuttgart, New York, Fischer.
- SCHWEGLER, J., 1975: *Lachnellula subtilissima* (Cooke) Dennis. Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde **53**, 136–137.
- TALGØ, V., 2009: Diseases and disorders on fir (*Abies* spp.) grown as Christmas trees, boughs, and landscape plants in Norway; from seed to site. Dissertation, Norwegian University of Life Sciences, 174 S.
- TALGØ, V., I.M. THOMSEN, U.B. NIELSEN, M.B. BRURBERG, A. STENSVAND, 2011: Neonectria canker on subalpine fir (*Abies lasiocarpa*) in Denmark. Poster, Bioforsk (NO). Zugriff: 28.01.2020, URL: https://www.afsnn.fr/wp-content/uploads/2012/07/Neonectria_VT_v1.1_A3.pdf.
- TALGØ, V., I.M. THOMSEN, U.B. NIELSEN, M.B. BRURBERG, A. STENSVAND, T. CECH, 2012: Neue *Neonectria*-Art verursacht Krebswucherungen (Canker) auf Tannen (*Abies* spp.) in Skandinavien. Forstschutz Aktuell **54**, 33–37.
- UIMARI, A., M. POTERI, M. VUORINEN, K. NOR NIELSEN, 2018: First report of *Neonectria neomacrospora* on *Abies concolor* in Finland. New Disease Reports **38** (3). Zugriff: 14.01.2020, URL: <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2018.038.003>.
- WARDA, H.-D., 2010: Das große Buch der Garten- und Landschaftsgehölze. Bremen, Bruns, Zertani.
- WEBSTER, J., R.W.S. WEBER, 2007: Introduction to Fungi. Cambridge, University Press.
- WEISSENBERG, K. v., 1975: Pathogens observed on lodgepole pine grown in Finland. European Journal of Forest Pathology **5**, 309–317.
- WERRES, S., H. NIRENBERG, R. KEHR, 1992: *Cylindrocarpon didymum* (Hartig) Wollenw., ein bei der Lagerung von Eichensaatgut bisher unbekannter Erreger. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **44** (11), 238–242.
- WHITE, T.J., T. BRUNS, S. LEE, J. TAYLOR, 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. INNIS, M. A., D. H. GELFAND, J. J. SNINSKY, T. J. WHITE (Hrsg.), San Diego, Academic Press, S. 315–322.
- WOOD, S.L., D.E. BRIGHT, 1992: A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). Part 2: Taxonomic index (Vol. A & B). Great Basin Naturalist Memoirs **13**: 1–1553.
- ZENG, Z.Q., W.Y. ZHUANG, 2016: Three new Chinese records of Nectriaceae. Mycosystema **35** (11), 1399–1405.

© Der Autor/Die Autorin 2020.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2020.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).