

Überwachung der Kiefernholz-nematode in Österreich 2021

Werner Hinterstoisser, Martin Brandstetter

Kurzfassung | Der Kiefernholz-nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) ist der Verursacher der Kiefernwelke, die 1999 zum ersten Mal für Europa an der Strandkiefer (*Pinus pinaster*) in Portugal aufgetreten ist. Trotz Bekämpfungsmaßnahmen konnte die Ausbreitung innerhalb Portugals und nach Spanien (Festland) sowie auf die Insel Madeira nicht verhindert werden. Der Kiefernholz-nematode gilt als ein von der EPPO gelisteter A2-Quarantäneschadorganismus für Europa und andere EPPO-Länder, der Bockkäfer der Gattung *Monochamus* als Vektoren benutzt. Seine nicht-heimischen Vektoren der Gattung *Monochamus* sind von der EPPO als A1-Quarantäneschadorganismen gelistet. Durch in den letzten Jahren klimatisch begünstigende Veränderungen besteht durchaus eine reelle Gefahr der Einschleppung in andere europäische Staaten sowie auch nach Österreich in *Pinus*-Bestände. Durch die jährlichen Probenahmen im Zuge des Schädlingsüberwachungsprogramms für den Kiefernholz-nematoden wird versucht, eine Etablierung des ökonomisch bedeutenden Schädlings in Österreich zu verhindern. Der Nematodensurvey 2021 hat die Befallsfreiheit Österreichs von *Bursaphelenchus xylophilus* ergeben und das Vorkommen der heimischen, nicht schädlichen *Bursaphelenchus*-Arten *B. sextendati* und *B. mucronatus mucronatus* bestätigt.

Schlüsselworte | *Bursaphelenchus xylophilus*, Kiefernholz-nematode, Quarantäneschadorganismus, Nematodensurvey Österreich, *Monochamus* spp.

Der Kiefernholz-nematode, auch Kiefern-fadenwurm (*Bursaphelenchus xylophilus*) genannt, ist ein in der Europäischen Union (EU) bereits etablierter und ökonomisch bedeutender Schädling. Als solcher ist er in der Commission delegated Regulation (EU) 2019/1702 (EU-Kommission 2019a) als prioritärer Unions-Quarantäneschadorganismus und von der European Plant Protection Organisation (EPPO) in den EPPO-Standards als ein A2-Quarantäneschadorganismus gelistet (EPPO 2022). Die Listung im Anhang II, Teil B, der Durchführungsverordnung (EU) 2019/2072 (EU-Kommission 2019b) als Unions-Quarantäneschadorganismus bedeutet, dass es sich um einen Schädling handelt, der in der EU bereits vorhanden, aber nicht weit verbreitet ist. Jeder EU-

Mitgliedsstaat hat in Bezug auf *B. xylophilus* einen jährlichen Survey durchzuführen, welcher in Österreich durch Kontrollen im Sinne des Schädlingsüberwachungsprogramms (Nematodensurvey) vollzogen wird. Dabei ist im ISPM-27-Standard, Diagnostic protocols 10 (ISPM 2016), empfohlen, sowohl im Wald gewonnene Holzproben als auch Proben von Importholzlern sowie Verpackungsholz aus Risikoländern und Proben von Vektoren (Käfer der Gattung *Monochamus*) auf ein Vorkommen von *B. xylophilus* zu prüfen, um den Schädling rechtzeitig zu erkennen und eine weitere Verbreitung innerhalb der EU zu verhindern. Es ist anzumerken, dass Verpackungsholz aus Risikoländern und ausgewiesenen Befallsgebieten gemäß dem ISPM-15-

Abstract

Pine wood nematode surveillance in Austria in 2021

The pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) is the causative agent of pine wilt disease, which occurred for the first time for Europe in 1999 on maritime pine (*Pinus pinaster*) in Portugal. Despite various eradication measures carried out, the spread within Portugal and to Spain (mainland), as well as to the island of Madeira could not be prevented. The pine wood nematode is considered an EPPO listed A2 quarantine pest, which uses longhorn beetles of the genus *Monochamus* as vectors. Due to climatic changes in recent years, there is a real risk of introduction into other European countries, as well as into Austria in *Pinus* stands. Annual sampling in the course of a survey programme of the pine wood nematode aims to prevent an establishment of the economically important pest to Austria. The 2021 nematode survey revealed Austria to be free of *Bursaphelenchus xylophilus* and confirmed the presence of the native non-harmful *Bursaphelenchus* species *B. sextendati* and *B. mucronatus mucronatus*.

Keywords | *Bursaphelenchus xylophilus*, pine wood nematode, quarantine pest, nematode Austria, *Monochamus* spp.

Standard (ISPM15 2019) behandelt und markiert werden muss. Entsprechende, phytosanitäre Maßnahmen im Sinne des Durchführungsbeschlusses (EU) 2012/535, zuletzt geändert durch Durchführungsbeschluss (EU) 2018/618 (EU-Kommission 2018), sind bei Auftreten von *B. xylophilus* vorgeschrieben. In Österreich sind Kontrollen auf Basis des Pflanzenschutzgesetzes 2018 und der Pflanzenschutzverordnung 2019 in Verbindung mit den genannten Durchführungsbeschlüssen, welche die Zuständigkeiten und das administrative Vorgehen sowie einzelne Handlungsschritte regeln, umgesetzt.

Die derzeitige Situation in Europa

Bursaphelenchus xylophilus, als der ursächliche Erreger der Kiefernwelke bekannt, trat erstmals 1999 in Setubal, Portugal, an Seekiefer (*Pinus pinaster*) auf (Mota et al. 1999). Trotz rigider Maßnahmen (vollständige Entfernung befallener Bäume, Sicherheitskorridor, intensives Monitoring, Einschränkung des Handels und der Verbreitung von Kiefernholz) konnte der Schadorganismus in seiner Verbreitung nicht eingedämmt werden und hat sich im ganzen Festland Portugals verbreitet.

Im Jahr 2009 wurde *B. xylophilus* zusätzlich auf Madeira festgestellt (Fonseca et al. 2012), 2008 wurde er erstmalig auch in Bäumen in Spanien (Provinz Cáceres, Extremadura) entdeckt (EPPO 2010a, EPPO 2010b). Laut EPPO gibt es seit 2010 weitere Befallsherde in As Neves (Provinz Pontevedra, Galicia) (EPPO 2010c), in Monte Barroco Toiriña' (Provinz Cáceres, Extremadura) (EPPO 2012), 2013 in Sancti-Spíritus' (Provinz Salamanca, Castilla y León) (EPPO 2014) und 2018 in Lagunilla (Provinz Salamanca, Castilla y León) (EPPO 2018). In beiden Ländern wurde als Überträger des Kiefernholznematoden der Bänderbock (*Monochamus galloprovincialis*) aus der Familie der Bockkäfer (Cerambycidae) diagnostiziert (Naves 2007).

Biologie und Schadwirkung

Warum ein relativ mobiler Fadenwurm in wenigen Jahren Schäden in großflächigen Gebieten anrichten kann, wird aus seiner Biologie deutlich. Nachdem durch ein Nematoden-Weibchen ein Ei gelegt wurde, schlüpfen die Juvenilen, welche das erste Juvenil-Stadium (J1) bereits im Ei abgeschlossen haben. Im J2- bis J3-Stadium ernähren sich die Juvenilen entweder von Pilzzellen oder von Pflanzenzellen, wodurch sie in letzterem Fall die lebenden Zellen im Splintholz schädigen. Bevor die Tiere das Stadium J4 erreichen, besiedeln sie die Puppen von *Monochamus*-Arten, die im Holz ihre Puppenwiege angelegt haben. Von den geschlüpften Käfern lassen sich die Nematoden als Dauerjuvenile, ein Dauerstadium der Nematodenlarven bei ungünstigen Lebensbedingungen, unter den Flügeldecken oder in den Tracheen (Atemwege) zum nächsten Wirtsbaum transportieren. Durch den Transport und die anschließende Übertragung der Nematode in einen Baum sind *Monochamus*-Arten Vektoren des Fadenwurms. Für die Übertragung gibt es zwei Möglichkeiten: Die Infektion des Baumes erfolgt entweder beim Reifungsfraß, bei dem die Käfer die Rinde der dünnen Zweige in der Baumkrone fressen und dabei Verletzungen verursachen, die als Eintrittspforten für die juvenilen Nematoden dienen. Oder die Infektion erfolgt bei der Eiablage des Weibchens am Stamm von z.B. durch Borkenkäferbefall geschädigten oder bereits geschlägerten Bäumen.

Im Baum entwickelt sich die J4-Larve zum adulten Nematoden. Die Ausbreitung im Baum erfolgt nach der Zerstörung der Epidermiszellen radiär über die Harzkanäle und der Kreislauf beginnt erneut (EPPO Datasheet 2020). Unter gegebenen klimatischen Umständen in Deutschland ist es durchaus möglich, dass *B. xylophilus* mehrere Jahre latent vorkommen kann, ohne eine Welke hervorzurufen (Gruffudd et al. 2019). Auf-

grund ähnlicher klimatischer Verhältnisse erscheint ein unentdecktes, latentes Vorkommen auch für Österreich möglich zu sein. In derartigen Fällen würden Schadenssymptome voraussichtlich erst zu spät erkannt, um entsprechende Ausrottungsmaßnahmen noch rechtzeitig treffen zu können. Daher ist ein engmaschiges Überwachungsprogramm notwendig.

Monochamus-Arten als Vektoren

Die Verbreitung des Kiefernholz-nematoden ist eng mit der Entwicklung von Käfern der Gattung *Monochamus* verbunden. Wenn diese an frischen Zweigen lebender Kiefern fressen, verlassen die Nematoden den Vektor und dringen durch die Fraßwunde in den neuen Wirtsbaum ein. Darum ist ein Monitoring von *Monochamus*-Arten über Fallenfänge genauso wichtig wie die Beprobung von Kiefern an Waldstandorten und von Holzimporten. Auf der Iberischen Halbinsel ist *Monochamus galloprovincialis* (Abbildung 1) als der Vektor bei der Verbreitung von *B. xylophilus* bekannt. Im Jahr 2018 wurde *B. xylophilus* an *M. galloprovincialis* aus einer Käferfalle in Spanien nachgewiesen, wodurch die Vektorfunktion von *M. galloprovincialis* in Europa bestätigt wurde (Abelleira et al. 2020). Für Österreich ist dieser Zusammenhang deshalb von besonderer Bedeutung, da *M. galloprovincialis* im gesamten Bundesgebiet vorkommt.

Nachdem *B. xylophilus* in anderen Kontinenten weitere Arten der Gattung als Vektor benutzt, ist es wahrscheinlich, dass alle bei uns heimischen Vertreter diese Funktion übernehmen können.

Neben den Standorten der Käferfallen für *Monochamus* spp. in Risikogebieten, wie im Nahbereich von Importbetrieben und in Bereichen mit hohem Warenumschlag aus Drittstaaten der EU, werden in Österreich Kiefernbestände durch Werbung und Analyse von Holzproben überwacht. Bei den Beprobungen stehen für die Kiefernholz-nematoden klimatisch günstige Lagen mit Schwarzkiefern (*Pinus nigra*) und Weißkiefern (*Pinus silvestris*) in Rein- oder Mischbeständen im Fokus. Dabei werden Holzproben von Bäumen gezogen, die Welkesymptome zeigen oder Rückschlüsse auf eine potentielle Besiedelung mit *Monochamus*-Arten zulassen.

Methoden des Überwachungsprogramms

Für die Durchführung des Surveys von *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematodensurvey) in Österreich sind die Pflanzenschutzdienste der Bundesländer verantwortlich (Pflanzenschutzgesetz 2018). Drei der neun Bundesländer, nämlich Niederösterreich, Salzburg und Tirol, haben für die Erhebungstätigkeiten das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) betraut. Beim Survey werden



Abbildung 1: *Monochamus galloprovincialis galloprovincialis*, Weibchen.

Figure 1: *Monochamus galloprovincialis galloprovincialis*, female.

unterschiedliche Typen von Proben genommen:

- Proben von Käfern, die mittels Segmenttrichterfallen, beködert mit dem spezifischen Lockstoff Galloprotect 2D (SEDQ, Spanien), gefangen werden; bevorzugt in der Nähe von Importbetrieben mit Waren aus Risikogebieten
- Proben aus Verpackungsholz:
 - o bestehend aus Nadelhölzern aus Herkunftsländern mit bekanntem Vorkommen von *B. xylophilus*,
 - o Verpackungsholz, welches keine Markierung nach ISPM-15-Standard aufweist,
- Proben aus importiertem Schnitt- und Rundholz verschiedener Koniferenarten, speziell der Gattung Pinus,
- Proben von kränkelnden oder absterbenden Nadelbäumen oder von frisch geschlagenen Bäumen aus heimischen Wäldern, von Kiefernarten (*Pinus* sp.) oder Weißtanne (*Abies alba*)

Die Probenahme aus Holz erfolgt mit einem langsam drehenden (um Erhitzung zu vermeiden), 16-22 mm dicken Schlangenbohrer. Die so gewonnenen Bohrspäne werden bis zur Analyse bei zirka 4 °C gelagert.

Die Proben aus den Bundesländern werden am BFW in Wien analysiert. Dazu werden die Proben 14 Tage bei

25 °C unter hoher Luftfeuchte im Klimaschrank inkubiert. Der Ansatz von ca. 60 bis 150 g feuchter Bohrspäne erfolgt mit Leitungswasser nach der Baermann-Trichter-Methode (EPPO 2013). Nach 24 und nach 48 Stunden werden die in den Trichterstielen abgesunkenen Nematoden in Petrischalen abgelassen und im Auflicht-Stereomikroskop auf das Vorhandensein von Nematoden untersucht. Werden im Auflichtmikroskop Individuen, die potentiell *Bursaphelenchus* zuzurechnen sind, gefunden (Identifikation über Verhalten und Körperbau), werden diese mit einer Pipette entnommen und auf einen Objektträger transferiert. Die morphologische Bestimmung einzelner Arten erfolgt dann im Durchlichtmikroskop (Zeiss Axioskop 2 mit Differenzial-Interferenzkontrastoptik bei 400- und 1000-facher Vergrößerung samt Mikroskopkamera Nikon DS-Fi3 und Software NIS-Elements D für die Messungen). Bei einer ausreichenden Anzahl von Individuen wird zusätzlich eine Sequenzierung zur Überprüfung des morphologischen Ergebnisses durchgeführt. Sollte in einer Probe ein begründeter Verdacht auf *B. xylophilus* festgestellt werden, wird die Quarantäneprobe an die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) weitergegeben. Als nationales

Tabelle 1: Anzahl der Proben nach Bundesländern und Probentyp vom Nematodensurvey 2021.

Table 1: Number of samples by federal provinces and sample types from the nematode survey 2021; sum (= Summe), forest sites (= Waldstandorte), wood packing material (= Verpackungsholz), beetle traps (= Käferfallen), imported timber (= Importholz).

	Summe	Waldstandorte	Verpackungsholz	Käferfallen	Importholz
Burgenland	5	0	0	5	0
Kärnten	6	0	0	6	0
Niederösterreich	54	48	4	1	1
Oberösterreich	2	1	1	0	0
Salzburg	24	14	8	2	0
Steiermark	12	5	7	0	0
Tirol	40	27	13	0	0
Vorarlberg	6	6	0	0	0
Wien	19	17	0	2	0
Summe	168	118	33	16	1

Referenzlabor hat sie die Aufgabe, die letztgültige Identifikation auf molekularbiologischer Basis durchzuführen. Abschließend werden die Ergebnisse in einer Datenbank erfasst. Seit 2016 sind die Proben des jährlichen *Bursaphelenchus*-Surveys am BFW in dieser Datenbank dokumentiert und die Informationen zur Probenahme sowie Herkunft und das jeweilige Resultat nachvollziehbar. Nach Abschluss der Analysen erfolgen am Ende jedes Erhebungsjahres die Datenauswertung sowie die Berichterlegung an die Europäische Kommission.

Ergebnisse

Im Jahr 2021 wurden für das Überwachungsprogramm Kiefernholz-nematode in Österreich insgesamt 168 Proben gewonnen (Tabelle 1). Davon waren 118 Proben aus Waldstandorten. Weißkiefern und Schwarzkiefern wurden davon am häufigsten untersucht. Zusätzlich wurden noch Probenahmen an Zirbe (*Pinus cembra*) und Weißtanne, die ebenso als Wirtsbaumarten für den Kiefernholz-nematoden gelten, vorgenommen. Speziell in Niederösterreich, Salzburg und Tirol konnte eine hohe Anzahl an Proben gewonnen werden (Tabelle 1).

Insgesamt 16 Proben stammten aus Käferfallen. Dreizehn Proben von Käfern der Arten Bäckerböck, Schneiderböck (*Monochamus sartor*) und Schusterböck (*M. sutor*) wurden auf Nematoden untersucht. Zusätzlich wurden noch drei weitere, eingesendete Proben anderer Käferarten (zwei *Arhopalus rusticus* und ein *Spondylis buprestoides*) analysiert. Eine Importholzprobe sowie 33 Verpackungsholzproben wurden begutachtet (Tabelle 1). Von den 168 Proben enthielten 95 (57 %) keine Nematoden (Tabelle 2). In 73 Proben wurden Nematoden gefunden, in allen Fällen waren lebende Exemplare darunter. In vier Proben (alle von Waldstandorten) wurden *Bursaphelenchus*-Arten diagnostiziert. Die aufgefundenen Arten waren einmal *B. mucronatus mucronatus* und dreimal *B. sexdentati* (Tabelle 2). Beide Arten wurden in Waldproben von *Pinus sylvestris* festgestellt. *Bursaphelenchus sexdentati* wurde im Bezirk Landeck (Tirol) und zweimal im Bezirk Feldkirch (Vorarlberg) nachgewiesen; ein Vorkommen von *B. mucronatus mucronatus* wurde im Bezirk Neunkirchen (Niederösterreich) dokumentiert (Abbildung 2). Es handelt sich hierbei um heimische, nicht patho-

	Proben mit Nematoden			Proben ohne Nematoden
	<i>Bursaphelenchus sexdentati</i>	<i>Bursaphelenchus mucronatus</i>	keine <i>Bursaphelenchus</i>	
Burgenland	0	0	0	5
Kärnten	0	0	4	2
Niederösterreich	0	1	32	21
Oberösterreich	0	0	0	2
Salzburg	0	0	8	16
Steiermark	0	0	6	6
Tirol	1	0	14	25
Vorarlberg	2	0	4	0
Wien	0	0	1	18
Summe	3	1	69	95

Tabelle 2: Ergebnis der Probenanalyse nach Bundesländern vom Nematodensurvey 2021.

Table 2: Results of the sample analysis by federal provinces from the nematode survey 2021; samples with nematodes (= Proben mit Nematoden), no *Bursaphelenchus* (= keine *Bursaphelenchus*), samples without nematodes (= Proben ohne Nematoden).

Abbildung 3: Spicula des Männchens von *B. mucronatus mucronatus* (a), *B. sexdentati* (b) und *B. xylophilus* (c).

Figure 3: Spicula of the male of *B. mucronatus mucronatus* (a), *B. sexdentati* (b) and *B. xylophilus* (c).

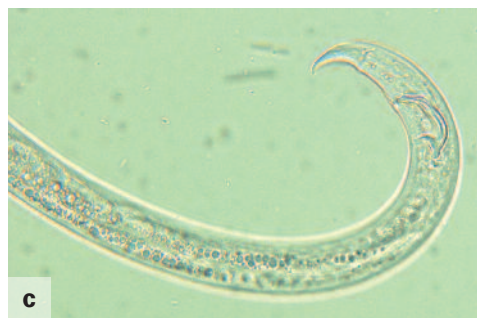
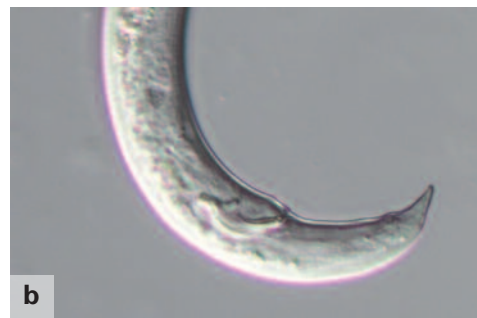


Abbildung 2: Die Probenahmepunkte aus dem Nematodensurvey 2021 zeigen die Fundorte von *B. mucronatus mucronatus* (blau) im Osten und von *B. sexdentati* (orange) im Westen Österreichs und Punkte ohne *Bursaphelenchus* spp. (weiß).

Figure 2: Sampling points from the nematode survey 2021 show locations of *B. mucronatus mucronatus* (blue) in eastern and *B. sexdentati* (orange) in western Austria and locations without *Bursaphelenchus* spp. (white).

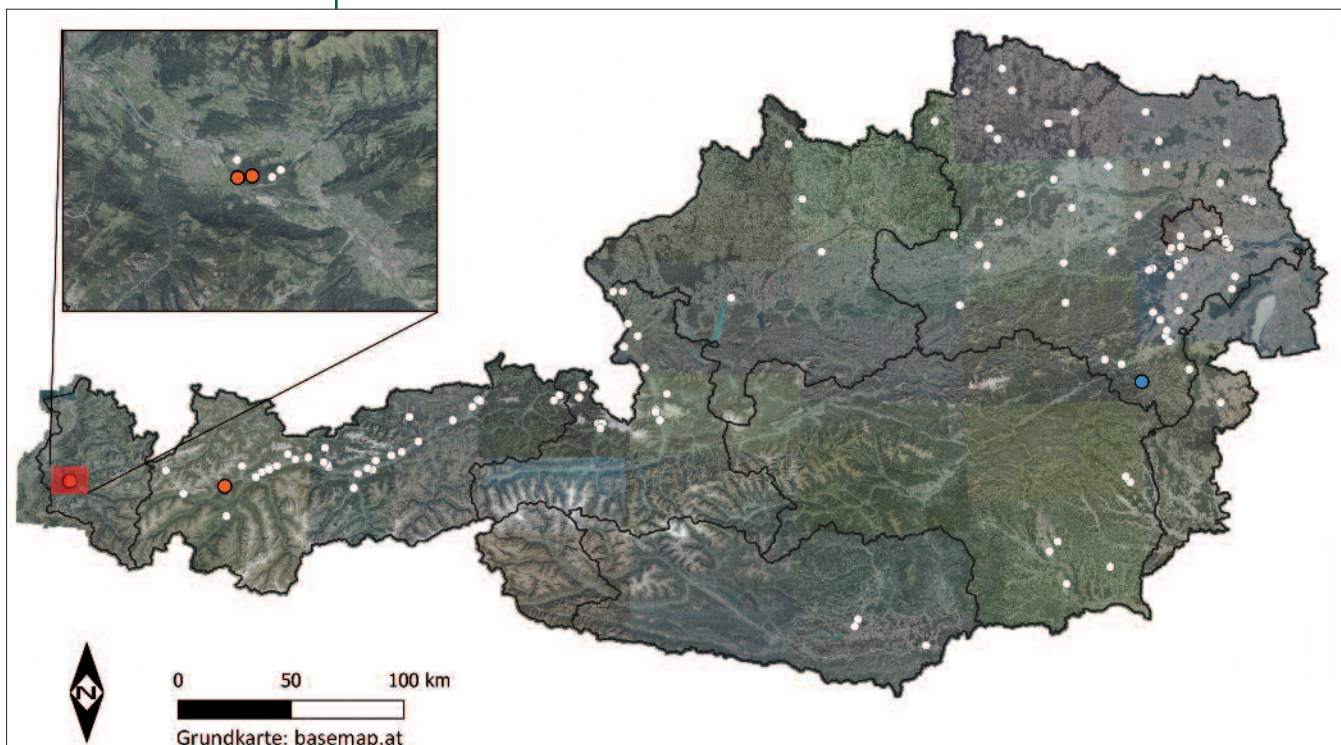
gene Nematodenarten, die im Holz von Kieferngewächsen (Pinaceae) zu finden sind. Die beiden Arten können morphologisch unterschieden werden, ein wichtiges Merkmal ist die männliche Spicula (Abbildungen 3a und 3b). Der Kiefernholz-nematode *B. xylophilus* (Abbildung 3c) wurde beim Nematodensurvey 2021

nicht festgestellt, Österreich gilt weiterhin als befallsfrei.

Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend wird festgestellt, dass *Bursaphelenchus xylophilus* in Österreich bis einschließlich 2021 nicht gefunden wurde. Da der Kiefernholz-nematode *B. xylophilus* und *B. mucronatus mucronatus* sehr ähnliche Ansprüche an ihren Lebensraum haben und *B. mucronatus mucronatus* gefunden wurde, kann angenommen werden, dass die Bedingungen auch für *B. xylophilus* in österreichischen Wäldern geeignet sind.

Folgt man Gruffudd et al. 2019, könnte ein latentes Vorkommen von *B. xylophilus* auch in Österreich möglich



sein, wodurch ein Auftreten ohne Welkesymptome leicht unbemerkt bleiben könnte. Um einen Befall durch Einschleppung rechtzeitig entdecken und die entsprechenden Gegenmaßnahmen ergreifen zu können, bedarf es daher weiterhin einer jährlichen Probenahme und Kontrolle. Das höchste Risiko, dass der Kiefernholz-nematode in Österreich eingeschleppt wird, ist weiterhin über den Handel und die Verwendung von

Verpackungsholz aus Risikoländern gegeben. In den kommenden Jahren wird durch den Klimawandel das Gebiet, in dem es zu symptomatischen Auftreten mit Welkeerkrankung kommen kann, größer werden. Sollte *B. xylophilus* nach Österreich gelangen, steigt also mit steigenden Temperaturen das Risiko für letale Schädigung von Kiefern.



Literatur

Abelleira, A., Pérez-Otero, R., Aguín, O., Prado, A., Salinero, C. 2020: First Report of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) on *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Spain. The American Phytopathological Society, <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0816-PDN> (Letzter Zugriff: 07.12.2022).

EPPO 2010a: Isolated finding of *Bursaphelenchus xylophilus* in Spain. EPPO Reporting Service 2010/051: <https://gd.eppo.int/reporting/article-418> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EPPO 2010b: Situation of recently introduced pests in Spain. EPPO Reporting Service 2010/058: <https://gd.eppo.int/reporting/article-429> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EPPO 2010c: First record of *Bursaphelenchus xylophilus* in Galicia (Spain). EPPO Reporting Service 2010/202: <https://gd.eppo.int/reporting/article-719> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EPPO 2012: New outbreak of *Bursaphelenchus xylophilus* in Spain. EPPO Reporting Service 2012/047: <https://gd.eppo.int/reporting/article-1874> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EPPO 2013: Diagnostics PM 7/4 (3) *Bursaphelenchus xylophilus*. EPPO Bulletin 43 (1): 105-118. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12024> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EPPO 2014: New outbreak of *Bursaphelenchus xylophilus* in Spain. EPPO Reporting Service 2014/020: <https://gd.eppo.int/reporting/article-2740> (Letzter Zugriff: 07.12.2022).

EPPO 2018: Isolated finding of *Bursaphelenchus xylophilus* in Castilla y León (Spain). EPPO Reporting Service 2018/140: <https://gd.eppo.int/reporting/article-6334> (Letzter Zugriff: 07.12.2022).

EPPO 2020: *Bursaphelenchus xylophilus*. EPPO datasheet, <https://gd.eppo.int/taxon/BURSXY/datasheet> (Letzter Zugriff: 07.12.2022).

EPPO 2022: A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests PM 1/2(31). EPPO Standards: 1-20. www.eppo.int/media/uploaded_images/RESOURCES/eppo_standards/pm1/pm1-002-31-en_A1A2_2022.pdf (Letzter Zugriff: 07.12.2022).

EU-Kommission 2018: Durchführungsbeschluss (EU) 2018/618 der Kommission vom 19. April 2018 zur Änderung des Durchführungsbeschlusses 2012/535/EU im Hinblick auf Maßnahmen gegen die Ausbreitung von *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Bührer) Nickle et al. (Kiefernfasenwurm) in der Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018D0618> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EU-Kommission 2019a: Delegierte Verordnung (EU) 2019/1702 der Kommission vom 1. August 2019 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2016/2031 des Europäischen Parlaments und des Rates durch die Aufstellung einer Liste der prioritären Schädling. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32019R1702> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

EU-Kommission 2019b: Durchführungsverordnung (EU) 2019/2072 der Kommission vom 28. November 2019 zum Schutz vor Pflanzenschädlingen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2072> (Letzter Zugriff: 19.12.2022).

Fonseca, L., Cardoso, J.M.S., Lopes, A., Pestana, M., Abreu, F., Nunes, N., Mota, M., Abrantes, I. 2012: The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Madeira Island. Helminthologia, 49(2): 96-103. <https://doi.org/10.2478/s11687-012-0020-3>

Gruffudd, H.R., Schröder, T., Jenkins, T.A.R., Evans, H.F. 2019: Modelling pine wilt disease (PWD) for current and future climate scenarios as part of a pest risk analysis for pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Bührer) Nickle in Germany. Journal of Plant Diseases and Protection (2019) 126: 129-144.

ISPM 2016: Diagnostic protocols 10: *Bursaphelenchus xylophilus*. Diagnostic protocols for regulated pests. International standard for phytosanitary measures 27: Secretariat of the International Plant Protection Convention, Rome: 1-40. https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/04/DP_10_2016_En_2016-04-14.pdf (Letzter Zugriff: 19.12.2022).