



Fotos: Phytopathologie, Beat Frey, Beat Wehrli, WSL

Abb. 1, links: vom Kiefernholz-nematoden befallene Strandföhre (*Pinus pinaster*) in Portugal. Oben: der Bäckerbock (*Monochamus galloprovincialis*), der wichtigste Vektor für den Kiefernholz-nematoden in Europa. Unten: der Kiefernholz-nematode, ein ca. 1 mm langer Fadenwurm.

Parasitischer Fadenwurm aus Nordamerika

# Eine Gefahr für Europas Föhrenwälder

Noch sind die Föhrenwälder der Schweiz frei vom Kiefernholz-nematoden, einem der gefährlichsten Föhrenschädlinge weltweit. Doch der aus Nordamerika stammende, 1999 erstmals in Portugal nachgewiesene Schaderreger, könnte auch in die Schweiz gelangen.

**Von S. Prospero und D. Rigling.**

Der Kiefernholz-nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) ist ein ca. 1 mm langer parasitischer Fadenwurm (Abb. 1). In seinem Kopf trägt er einen Mundstachel, mit dem er Pflanzenzellen zur Nahrungsaufnahme ansticht. Für die Übertragung von Baum zu Baum braucht der Kiefernholz-nematode einen Organismus, der ihn transportiert (sog. Vektor). Diese Funktion übernehmen Bockkäfer der Gattung *Monochamus* (Abb. 1), welche die Nematoden beim Reifungsfrass auf gesunde Bäume übertragen. Dabei dringen die Nematoden durch die Frassverletzungen an den Ästen ins Holz ein. In anfälligen Wirtsbäumen und bei warmen Temperaturen vermehren sie sich explosionsartig und breiten sich im wasserführenden Holzge-

webe aus. Dadurch wird der Wassertransport des Baumes unterbunden, was zu einer Welke führt.

Die absterbenden oder toten Föhren dienen den Bockkäfern als Brutholz. Nach der Eiablage entwickeln sich die Bockkäferlarven im Holz. Die im toten Baum vorhandenen Nematoden sammeln sich in den Puppenkammern und besiedeln die sich entwickelnden Käfer. Im Sommer schlüpfen die jungen, mit Nematoden beladenen Käfer aus und übertragen diese beim Reifungsfrass auf neue, gesunde Bäume.

## Symptome und Wirtsspektrum

Erstes Zeichen einer Infektion durch den Kiefernholz-nematoden ist ein Rückgang

der Harzproduktion. Die daraus resultierende rötlich-braune Nadelverfärbung breitet sich rasch vom Kronenbereich abwärts aus. Die Nadeln fallen nicht ab, und der Baum trägt ein rötlich-braunes Nadelkleid, was ein charakteristisches Merkmal dieser Welke darstellt. Bei optimalen Temperaturen für die Vermehrung des Kiefernholz-nematoden (d.h. Tagesdurchschnitt im Juli/August über 20 °C) stirbt der befallene Baum innerhalb von zwei bis drei Monaten ab. In kühlen und feuchten Sommern vermehren sich die Nematoden schlecht, und der Befall verläuft ohne deutliche Symptome.

Der Kiefernholz-nematode befällt vor allem *Pinus*-Arten. Zu den anfälligen Arten in Europa gehören die Strandföhre (*P. pi-*

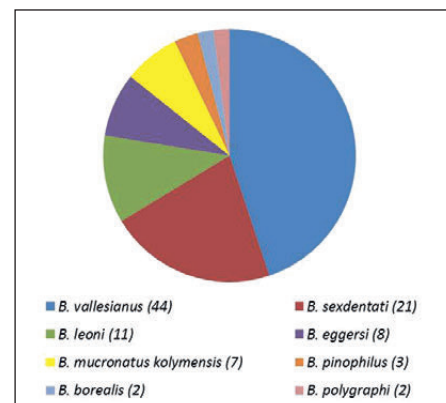
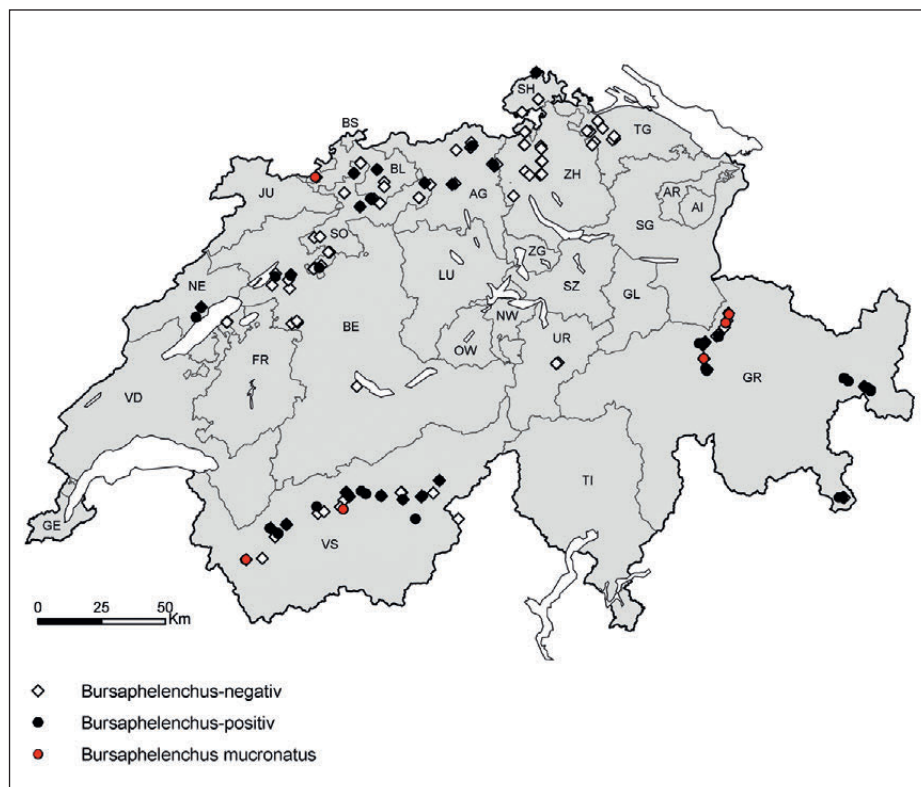


Abb. 2: Monitoring des Kiefernholz-nematoden in der Schweiz (2010–2011)

Bursaphelenchus-positive und -negative Föhrenstandorte und Standorte an denen *B. mucronatus kolymensis* gefunden wurden; rechts, Häufigkeitsverteilung der gefundenen Bursaphelenchus-Arten ausgedrückt als Anzahl positiv-getesteter Probebäume pro Art (Total: 98 positive Bäume).

naster), die Schwarzföhre (*P. nigra*), die Waldföhre (*P. sylvestris*), die Bergföhre (*P. mugo*) und die Aleppoföhre (*P. halepensis*). Andere Koniferen (zum Beispiel *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pseudotsuga*) können in Ausnahmefällen auch befallen werden. Da diese den Kiefernholz-nematoden mehr oder weniger gut tolerieren, verläuft der Befall aber weitgehend symptomlos. Die betroffenen Bäume können jedoch als Reservoir für den Nematoden dienen und zu dessen weiteren Verbreitung beitragen.

**Aktuelle Verbreitung**

Der Kiefernholz-nematode stammt ursprünglich aus Nordamerika. Die dort heimischen Föhrenarten haben sich an den Erreger angepasst, und es kommt zu keinen relevanten Schädigungen. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Kiefernholz-nematode nach Japan verschleppt, wo er ein grossflächiges Absterben von *Pinus thunbergii* und *P. densiflora* verursachte. Seit den 1980er-Jahren tritt der Erreger auch in China, Taiwan und Korea auf.

In Europa wurde der Kiefernholz-nematode erstmals 1999 in Portugal in der Nähe von Lissabon auf der Strandföhre nachgewiesen. Vermutlich gelangten mit Nematoden beladene Bockkäfer mit Verpackungsholz aus Asien dorthin. Trotz rigorosen und teuren (1999–2009: rund

80 Mio. Euro) Bekämpfungsmassnahmen hat sich der Kiefernholz-nematode weiter ausgebreitet. Heute gelten das ganze Festland Portugals und die Insel Madeira als Befallsgebiet. Im Jahre 2008 wurde der Schädling auch in Spanien in der Nähe der portugiesischen Grenze gefunden. In den spanischen Befallsherden werden zurzeit grossflächige Ausrottungsmassnahmen durchgeführt. In Portugal und Spanien sorgt der einheimische Bäckerbock (*Monochamus galloprovincialis*) für die Verbreitung des Kiefernholz-nematoden.

Um eine Verschleppung des Kiefernholz-nematoden in andere europäische Länder zu verhindern, wurden die Importbestimmungen für Holz, Rinde und Pflanzen von Koniferen aus Portugal verschärft. Alles Holz- (inkl. Verpackungsholz) und Rindenmaterial aus diesem Land muss gemäss dem Standard ISPM15 (International Standard Phytosanitary Measures) hitzebehandelt (30 min. bei  $\geq 56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) werden. Dadurch werden allfällig vorhandene Nematoden und Insekten vollständig abgetötet.

Ausserdem wurden alle Mitgliedstaaten der EU verpflichtet, jährliche Erhebungen zum Vorkommen des Kiefernholz-nematoden durchzuführen. Dieses Monitoring soll den Nachweis erbringen, dass ein Land frei von *B. xylophilus* ist (Status der Befallsfreiheit) und somit Holz

frei exportiert werden kann. Die Schweiz beteiligt sich an diesen Massnahmen gegen den Kiefernholz-nematoden im Rahmen des Agrarabkommens mit der EU. Als Vollzugshilfe zum Umgang mit dem Kiefernholz-nematoden steht für Behörden und Forstdienste ein spezifischer Leitfaden des Eidg. Pflanzenschutzdienstes zur Verfügung (siehe Kasten 2).

**Situation in der Schweiz**

In unserem Land zählen die Waldföhre (häufigste *Pinus*-Art), die Bergföhre und die Schwarzföhre zu den anfälligsten Baumarten. Das Föhrenareal der Schweiz umfasst eine Fläche von etwa 43 400 ha. Ein Grossteil dieser Föhrenwälder liegt im Alpenraum (Wallis und Graubünden), häufig auf steilen Hängen als Schutzwälder (LFI 2004–2006). Gefährdet durch den Kiefernholz-nematoden sind vor allem ausgedehnte Föhrenwälder an warmen Standorten wie im Mittel- und Unterwallis, am Jurasüdfuss und im Rheintal in Graubünden zwischen Thuisis und Landquart (Abb. 2).

Seit 2010 führt die WSL jährlich Erhebungen zum Vorkommen des Kiefernholz-nematoden in allen wichtigen Föhrenbeständen der Schweiz durch (Abb. 2). Zudem überwachen die Forschenden der WSL Standorte mit einem erhöhten Risiko einer Einschleppung wie den Flughafen Zürich-Kloten, Rindenimport-Betriebe und

Grosssägereien verstärkt. Fachpersonal entnimmt von frisch abgestorbenen Föhren mit einem Spiralbohrer Bohrproben aus dem Splintholz und untersucht die Holzspäne im Pflanzenschutzlabor auf *Bursaphelenchus*-Nematoden. Die Forschenden stellten den Kiefernholz-nematoden bisher in keiner der untersuchten Holzproben fest. In zahlreichen frisch abgestorbenen Föhren wurden hingegen andere *Bursaphelenchus*-Arten gefunden und mittels DNA-Analysen identifiziert (Abb. 2). Die häufigste Art war *B. vallesianus*, gefolgt von *B. sexdentati*, *B. leoni*, *B. eggersi* und *B. mucronatus kolymensis*, drei weitere Arten, *B. borealis*, *B. polygraphi* und *B. pinophilus*, waren in den Proben sehr selten. Alle diese Arten kommen auch in anderen europäischen Ländern vor und gehören höchstwahrscheinlich zur einheimischen Nematodenfauna. Forschende der WSL beschrieben *B. vallesianus* weltweit zum ersten Mal in abgestorbenen Waldföhren im Wallis; daher erhielt diese Nematodenart ihren wissenschaftlichen Namen.

Die meisten in der Schweiz gefundenen *Bursaphelenchus*-Arten sind vermutlich harmlose einheimische Holz-nematoden. Gewächshausversuche zeigten jedoch, dass *B. vallesianus* und *B. mucronatus* in der Lage sind, junge Föhren zu schädigen, insbesondere, wenn diese Trockenstress ausgesetzt sind. Im Vergleich zum Kiefernholz-nematoden scheint das Schadenspotenzial dieser beiden *Bursaphelenchus*-Arten an ausgewachsenen Föhren deutlich geringer zu sein als an jungen Bäumen.

### Folgerungen

Die Erhebungen der WSL in den Jahren 2010 bis 2015 zeigen, dass die Schweiz zurzeit frei vom Quarantänenematoden *B. xylophilus* ist. Das Risiko einer Einschleppung des Kiefernholz-nematoden hat sich jedoch in den letzten Jahren deutlich erhöht, zumal jetzt ganz Portugal als befallen gilt. Dass sich der Schädling in gewissen Regionen der Schweiz etablieren könnte, ist wahrscheinlich. Einerseits gehören die meisten Föhrenarten, insbesondere die Waldföhre, zu den anfälligen Wirtspflanzen. Zudem könnte sich der Kiefernholz-nematode unter den klimatischen Bedingungen in den warmen inneralpinen Tälern der Kantone Wallis und Graubünden gut entwickeln. Andererseits ist der Bäckerkäfer in der Schweiz vorhanden. Er ist der einzige bis jetzt bekannte Vektorkäfer für den Kiefernholz-nematoden in Europa. Ausserdem könnten der Schusterbock (*M. sutor*) und der

## Nachweis des Kiefernholz-nematoden

Die Symptome eines Nematodenbefalles sind unspezifisch und können auch durch andere Schadorganismen oder abiotische Faktoren verursacht werden. Aus diesem Grund ist ein gesicherter Nachweis des Kiefernholz-nematoden nur im Labor möglich. Aus den entnommenen Holzspänen werden die Nematoden mit der sogenannten Baermann-Trichter-Methode extrahiert. Die Nematoden wandern aus den Holzstücken und sammeln sich in einem Röhrchen unterhalb des Trichters. Mit dem Mikroskop und immer häufiger auch mit DNA-Analysenmethoden werden die Nematoden dann identifiziert.



Links: Beprobung einer abgestorbenen Waldföhre (*Pinus sylvestris*); Mitte: Baermann-Trichter mit den entnommenen Holzspänen; rechts: Holz-nematoden unter dem Mikroskop (oben); DNA-Analysenmethode zum Nachweis des Kiefernholz-nematoden (unten): Ein positiver Befund liegt vor, wenn zwei Banden übereinander auftreten. In diesem Fall nur bei den zwei positiven Kontrollproben (Fotos: Phytopathologie, WSL).

Schneiderbock (*M. sutor*) die Funktion als Vektorkäfer übernehmen. Beide kommen in höheren Lagen in der Schweiz vor. Der in unser Erhebung gefundene *B. mucronatus kolymensis* ist nah verwandt mit *B. xylophilus* und wird auch durch *Monochamus*-Käfer verbreitet. Daher gilt: Wo *B. mucronatus kolymensis* vorkommt, da kann sich potenziell auch *B. xylophilus* ausbreiten.

Da *Monochamus*-Bockkäfer eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung des Kiefernholz-nematoden spielen, werden

sie ab 2016 mittels Lockstofffallen in der Schweiz überwacht. Die gefangenen Käfer werden dann im Labor auf das Vorhandensein des Kiefernholz-nematoden getestet. Mit dieser zusätzlichen «Frühwarnmethode» können mögliche Einschleppungen des Kiefernholz-nematoden schneller erkannt werden.

**Simone Prospero, Daniel Rigling**

Eidg. Forschungsanstalt WSL  
8903 Birmensdorf

## Leitfaden zum Umgang mit dem Kiefernholz-nematoden

(<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01802/index.html?lang=de>)  
Der Leitfaden wurde 2015 vom Eidg. Pflanzenschutzdienst (Bundesamt für Umwelt BAFU und Bundesamt für Landwirtschaft BLW) als Vollzugshilfe für Entscheidungsträger, kantonale Pflanzenschutzdienste und Importeure von Nadelholz und Nadelholzprodukten publiziert. Er legt fest, was beim Auftreten des Kiefernholz-nematoden in der Schweiz zu tun ist. Damit ermöglicht er eine rechtzeitige und effiziente Umsetzung der vorgesehenen Bekämpfungsmassnahmen. Ausserdem beschreibt der Leitfaden, welche Präventivmassnahmen eine Einschleppung des Kiefernholz-nematoden in die Schweiz verhindern sollen.