

Jonas Bänsch¹, Cornelia Dubois², Max Wieners¹, Michael Fischer², Markus Scholler¹

rDNA-Analysen weisen darauf hin, dass der eingewanderte kryptische Mittelmeer-Feuerschwamm (*Fomitiporia mediterranea*) ursächlich ist für das Absterben gepfropfter Kugelrobinien (*Robinia pseudoacacia* ‘Umbraculifera’)

rDNA analyses indicate that the introduced cryptic species *Fomitiporia mediterranea* is the causal agent for the dieback of grafted mop head acacias (*Robinia pseudoacacia* ‘Umbraculifera’)

Affiliationen

¹Staatliches Museum für Naturkunde, Karlsruhe.

²Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Obst- und Weinbau, Siebeldingen.

Kontaktanschrift

Dr. Markus Scholler, Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstr. 13, 76133 Karlsruhe, E-Mail: markus.scholler@smnk.de

Zusammenfassung

Ein epidemisches Auftreten des Polsterförmigen Feuerschwamms (*Fomitiporia punctata*, Agaricomycotina, Fungi) wurde in den vergangenen Jahren auf verschiedenen Laubgehölzen (*Wisteria floribunda*, *Platanus acerifolia*, *Robinia pseudoacacia*) im innerstädtischen bzw. innenstadtnahen Teil von Karlsruhe (Baden-Württemberg, Deutschland) beobachtet. Zahlreiche gepfropfte rund 40 Jahre alte Kugelrobinien (*R. pseudoacacia* ‘Umbraculifera’) sind krank oder sind bereits abgestorben. Eine rDNA-Analyse (Marker: ITS) auf der Basis von Frisch- und Herbarmaterial zeigte, dass es sich mitnichten um *F. punctata* sondern um den eingewanderten morphologischen Doppelgänger Mittelmeer-Feuerschwamm (*F. mediterranea*) handelt. Diese Art war bisher in Deutschland überwiegend auf Wein (*Vitis vinifera*) bekannt. Die Symptome bei Kugelrobinien werden, u. a. anhand von Stammquerschnitten, detailliert beschrieben und illustriert. Eine Verbreitungskarte der beiden Pilzarten wird für Karlsruhe erstellt. Der Fund (Herbarbeleg) von *F. mediterranea* auf *C. avellana* von 1988 aus Rheinland-Pfalz ist der Erstdnachweis der Art in Deutschland. Die Frage, wann ungefähr die Art nach Deutschland einwanderte ist Gegenstand der Diskussion.

Stichwörter

Klimawandel, invasive Art, Neomycet, Mediterranean elbowpatch crust, *Phellinus*, urbane Mykologie, weites Wirtsspektrum, Weißfäule

Abstract

An epidemic spread of the Elbowpatch crust (*Fomitiporia punctata*, Fungi) has been observed in recent years on deciduous woody plants (*Wisteria floribunda*, *Platanus acerifolia*, *Robinia pseudoacacia*) in Karlsruhe (Germany). Numerous

grafted mop head locust trees (*R. pseudoacacia* ‘Umbraculifera’) are diseased or already dead. An rDNA analysis (marker: ITS) showed that it was by no means *F. punctata* but the morphological lookalike *F. mediterranea*, which probably migrated to Central Europe. This species was previously known in Germany mainly on *Vitis vinifera*. The symptoms caused by the fungus on locust trees are described and illustrated in detail. A distribution map of the two species for Karlsruhe is being drawn up. The discovery (of a herbarium specimen) of *F. mediterranea* on *Corylus avellana* collected in 1988 in Rheinland-Pfalz is the first record of the species in Germany. The question of when abouts the invasive species migrated to Germany is the subject of discussion.

Keywords

Global warming, invasive species, neomycete, Mediterranean elbowpatch crust, *Phellinus*, urban mycology, broad host range, white rot

Einleitung

Der Polsterförmige Feuerschwamm (Englischer Volksname Elbowpatch crust) (*Fomitiporia punctata* (P. Karst.) Murrill ≡ *Phellinus punctatus* (P. Karst.) Pilát) (Agaricomycotina, Fungi) ist eine nordhemisphärisch verbreitete Porlingsart, in Europa bevorzugt in der borealen Zone aber auch an geeigneten Standorten in Mitteleuropa (Ryvarden & Melo, 2014). Sie bildet auf toten oder absterbenden stehenden Stämmen mehrjährige, braune polsterförmige Fruchtkörper. Als Substrat bevorzugt die Art in Mitteleuropa *Corylus* (Hasel) und *Salix* (Weiden) (z. B. Jahn, 1967; Jülich, 1984; Krieglsteiner, 2000). Doch auch weitere Laubgehölze werden gelistet, so für Baden-Württemberg *Acer* (Ahorn), *Alnus* (Erle), *Betula* (Birke), *Fagus* (Rotbuche), *Frangula* (Faulbaum), *Fraxinus* (Esche), *Populus* (Pappel), *Prunus* (Kirsche), *Rosa* (Rose), *Sorbus* (Eber-



(c) Die Autoren/Die Autorinnen 2023

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>).

Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen: 15. August 2023/31. August 2023

esche) und *Tilia* (Linde) (Kriegelsteiner 2000). Im Rahmen unserer Untersuchungen zur Pilzflora von Karlsruhe (Scholler & Müller, 2008) konnten wir die Art auch auf Platane (*Platanus acerifolia*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Blauregen (*Wisteria floribunda*) im Stadtgebiet nachweisen. In Freiburg fanden wir ebenfalls einen Feuerschwamm auf Ahorn (*Acer saccharinum*), den wir morphologisch ebenfalls *F. punctata* zuordneten.

Ein morphologischer Doppelgänger von *F. punctata* ist eine erst jüngst beschriebene Art, der Mittelmeer-Feuerschwamm¹ (*F. mediterranea* M. Fisch.) (Fischer, 2002). Der mögliche Ursprung von *Fomitiporia mediterranea* liegt im Mittelmeerraum (Fischer, 2002), von wo aus die Art während der letzten Dekaden nach Mitteleuropa einwanderte, u. U. in Zusammenhang mit weinbaulichen Maßnahmen (Fischer & González-García, 2015). Die Art lässt sich morphologisch nicht, wohl aber molekularbiologisch von *F. punctata* trennen (Fischer, 2002). Diese morphologisch kryptischen Arten kommen innerhalb der Gattung *Phellinus* s.l. (Feuerschwämme) mehrfach vor und sind Thema intensiver systematisch-taxonomischer Arbeiten (z. B. Fischer & Binder, 2004; Tomsovský et al., 2010a; b). *Fomitiporia mediterranea* wurde als Bestandteil der Esca-Krankheit, einer komplexen Abbaukrankheit von Weinreben (*Vitis vinifera*), identifiziert. Diese Holzkrankheit wird von mehreren Pilzarten verursacht, *F. mediterranea* gilt als das letzte Glied der Erreger (Fischer, 2002). In den letzten 30 Jahren hat sich die Esca-Krankheit stark ausgebreitet und wurde in Deutschland erstmals Mitte der 1980er Jahre südlich von Freiburg beobachtet (Kassemeyer et al., 2002, zitiert nach Fischer, 2012). Leider bleibt die Frage offen, ob seinerzeit auch schon *F. mediterranea* mit eingewandert ist. Nach seiner Entdeckung und Beschreibung (Fischer, 2002) startete man ein deutschlandweites Monitoring in dem die Art bis 2012 in fast allen Weinbauregionen Deutschlands mit Schwerpunkt Südwestdeutschland festgestellt werden konnte (Fischer, 2012). In der Folgezeit zeigte sich, dass die Art mitnichten auf Wein als Wirtspflanze beschränkt ist. So konnte *F. mediterranea* mittlerweile in Europa auf Ahorn (*Acer*), Kiwi (*Actinidia*), Zitruspflanzen (*Citrus*), Hasel (*Corylus*), Kräuselmyrten (*Lagerstroemia*), Lorbeerbaum (*Laurus*), Liguster (*Ligustrum*), Ölbaum (*Olea*), Eiche (*Quercus*) und Robinie (*Robinia*) belegt werden (Fischer & González García, 2015). In Nordwestdeutschland (Krefeld) wurde der Pilz bereits 2010 anhand von rDNA-Sequenzdaten auch in Robinienholz nachgewiesen (Schmidt et al., 2012).

Die mit großem Abstand am häufigsten befallenen Bäume im Karlsruher Stadtgebiet sind Robinien der Sorte Kugelrobinien (*Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera'), die auf Hochstämme der „normalen“ Robinie aufgepfropft werden. Damit wird erreicht, dass der Stamm nicht mehr in die Höhe wächst, sondern nur noch an Breite zunimmt, während sich die kugelförmige Krone ausbildet. Zahlreiche Bäume in Karlsruhe sind krank oder bereits abgestorben, so vor allem in der Markgrafenstraße im östlichen Zentrum der Stadt, wo die Bäume Anfang der 1980er Jahre gepflanzt wurden und seit ca. 15 Jahren absterben und kontinuierlich durch junge Kugelrobi-

nien ersetzt wurden, sowie auch westlich der Fritz-Erler-Str., wo inzwischen vermutlich keine der ursprünglich gepflanzten Bäume mehr stehen (J. Zitzmann, Gartenbauamt Karlsruhe, pers. Mitt.) Das Vorkommen auf einem untypischen Wirt, der Robinie, das epidemische Auftreten verbunden mit einer starken Schädigung des Wirts und das Vorkommen vorzugsweise im innerstädtischen trockenwarmen Bereich führte nun zu der Hypothese, dass es sich bei dem Pilz nicht oder nicht nur um *F. punctata* sondern um *F. mediterranea* handeln könne. Hierfür wurden Sequenzanalysen sowohl von Frischmaterial als auch von getrocknetem älterem Material (Herbarbelege), auch von außerhalb Karlsruhes, durchgeführt. Die Befallsmerkmale bei Robinie werden detailliert beschrieben und illustriert.

Material und Methoden

Untersuchte Belege

Für die Sequenzanalysen wurde einerseits getrocknetes Material (Exsikkate aus dem Herbarium des Pilzherbariums des Karlsruher Naturkundemuseums, KR), andererseits Reinkulturen auf Malzextrakt-Medium und gewonnen aus frischen Fruchtkörpern, verwendet (Fischer, 2002). Vorhandene Fruchtkörper wurden getrocknet, im Herbarium als Exsikkat hinterlegt und mit einer Eingangsnummer versehen (Tab. 1).

Molekulare Bestimmung der Erreger: DNA-Extraktion, Sequenzierung

Die Extraktion von DNA aus Herbarmaterial und isolierten Reinkulturen erfolgte in Abstimmung mit dem in Fischer (2019) angegebenen Protokoll. Die Primer ITS5 und ITS4 (White et al., 1990) wurden verwendet, um die ITS-Region (ITS1-5.8S-ITS2) der untersuchten Isolate zu amplifizieren und nachfolgend zu sequenzieren. Die dadurch gewonnenen Sequenzen wurden bei NCBI GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) hinterlegt.

Phylogenetische Analyse

Für die phylogenetische Analyse wurden die forward- und reverse-Sequenzen der jeweiligen Belege mit Geneious 5.6.7 Software (www.geneious.com) aneinandergesetzt und editiert. Das Sequenzalignment inklusive 17 Referenzsequenzen (Tab. 1) und *Phellinus igniarius* (auf *Salix caprea*) als Außengruppe wurde mit der MAFFT-Onlineversion (<https://mafft.cbrc.jp/alignment/software/>) durchgeführt (Standard Einstellungen, iterative refinement methods G-INS-i).

Die Stammbaumerstellung fand mittels MEGA7 (Kumar et al., 2015) statt, wobei die Maximum Likelihood-Methode mit Tamura-Nei Substitutionsmodell und einem Bootstrap-Wert von 100 Anwendung fand.

Verbreitung

Die *Fomitiporia*-Verbreitung in Karlsruhe wurde anhand von Beleg-Daten aus dem Pilzherbarium des Naturkundemuse-

¹ Ein englischer Volksname für *Fomitiporia mediterranea* wurde bisher noch nicht vergeben. Wir schlagen hier Mediterranean elbowpatch crust in Anlehnung an Elbowpatch crust (*F. punctata*) vor.

Tab. 1. Beleg-Nummern (Herbarium KR), GenBank-Eingangsnummern, Pilzart, Wirtsart, Fundort- und Habitatangaben, Sammlungsdaten, Beobachtungen, Anmerkungen mit Abbildungsverweisen. Angaben zu „Zustand Material“ wurde nur bei Belegen gemacht, die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wurden.

KR-Nummer	GenBank accession no. (ITS)	wiss. Name Pilz	wiss. Name Wirt	Sammler	Fundort	Habitat und Befallsmerkmale	Datum	Zustand Material	Anmerkungen
KR-M-0058850	OR2299236	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Bänsch	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Hennebergstraße 6	Vorgarten, lebender Baum, einige Äste abgestorben, Fruchtkörper etwas oberhalb Pflanzungsstelle an Astbasis	11.05.2022	Lebendkulturen	Baum identisch mit KR-M-0058860
KR-M-0058851		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Bänsch	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Markgrafenstraße 12	Lebender Baum, einige Äste abgestorben, Fruchtkörper im Bereich der Pflanzungsstelle	11.05.2022	Exsikkat	
KR-M-0058852	OR229927	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Platanus acerifolia</i>	M. Scholler, J. Bänsch	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Erzbergerstraße 107	Lebender Baum, Stamm, Westseite, Fruchtkörper in 2,5 m	11.05.2022	Lebendkulturen	Baum identisch mit KR-M-0058861
KR-M-0058853	OR229928	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Bänsch	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Sophienstraße 206	Lebender Baum, einige Äste abgestorben, Fruchtkörper an Stamm im Bereich der Pflanzungsstelle	11.05.2022	Lebendkulturen	
KR-M-0058854	OR229929	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Bänsch	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe-Rüppurr, Holderweg 15	Lebender Baum, einige Äste abgestorben, Fruchtkörper an Stamm im Bereich der Pflanzungsstelle, einige benachbarte Robinien gefällt	11.05.2022	Lebendkulturen	
KR-M-0042793	OR229925	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Acer sp.</i>	M. Wieners	DE, Baden-Württemberg, Freiburg i. Breisgau	Straßenrand, Baumstumpf	31.03.2017	Exsikkat	
KR-M-0019125	OR229923	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Corylus avellana</i>	H. Staub	DE, Rheinland-Pfalz, Annweiler, am Trifels	Morscher Ast	31.01.1988	Exsikkat	
KR-M-0036998	OR229924	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Wisteria floribunda</i>	M. Feke	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Steinhäuserstraße 21, Technisches Gymnasium "Carl-Benz-Schule"	an Gebäude-Ostseite	27.08.2014	Exsikkat	
KR-M-0005854	OR335358	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Salix cinerea</i>	M. Scholler, B. Oertel, M. Wieners	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Fritschlach	Grauweiden-Gebüsch, lebender Baum	13.04.2016		Abb. 3
KR-M-0058858		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Zitzmann	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Markgrafenstraße 12	Lebender Baum, Stamm bereits wackelig, die meisten Äste bereits abgestorben, Fruchtkörper etwas oberhalb der Pflanzung in ca. 2 m, 3. Baum von Westen	18.06.2021		
KR-M-0058859		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Zitzmann	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Markgrafenstraße 12	Lebender Baum, stark geschädigt, meiste Äste tot, Fruchtkörper oberhalb Pflanzung in ca. 2.2 m, Holz mit Nistgängen von <i>Xylocopa violacea</i> (Große Blaue Holzbiene)	18.06.2021		
KR-M-0058860	OR229930	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler, J. Zitzmann	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Hennebergstraße 6	Vorgarten, lebender Baum, einige Äste abgestorben, Fruchtkörper oberhalb Pflanzungsstelle an Astbasis.	18.06.2021	Frischmaterial	Abb. 5, Baum identisch mit KR-M-0058850
KR-M-0058861	OR229931	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Platanus acerifolia</i>	M. Scholler, J. Zitzmann	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Erzbergerstraße 107	Lebender Baum, Stamm, Westseite, in 2,5 m	18.06.2021	Frischmaterial	Abb. 4, Baum identisch mit KR-M-0058852

| Tab. 1. Fortsetzung.

KR-Nummer	GenBank accession no. (ITS)	wiss. Name Pilz	wiss. Name Wirt	Sammler	Fundort	Habitat und Befallsmerkmale	Datum	Zustand Material	Anmerkungen
KR-M-0058896		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Markgrafenstraße 12	Fruchtkörper direkt oberhalb Pflropfung am Stamm und auf Unterseite von Ästen im stammnahen Bereich, Baum gefällt	29.01.2023		Abb. 7, 8
KR-M-0052169		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Innenstadt-Ost, Markgrafenstraße 24	Fruchtkörper in 3 m Höhe unter Ast, vermutlich abgestorben, da Befall durch <i>Penicillium spec.</i>	15.06.2023		
KR-M-0052183		<i>Fomitiporia cf. mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	M. Scholler	DE, Baden-Württemberg, Karlsruhe, Innenstadt-West, Moltkestr. 2	Fruchtkörper in 2,5 m, an abgestorbenem abgesägten Ast,	21.06.2023		
	AF515572	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	P. Cortesi	IT, Toskana		Aug 1997		Fischer (2002)
	AF515577	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	L. Mugnai	IT, Piemont		Okt 1998		Fischer (2002)
	AF515578	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	L. Mugnai	IT, Piemont		Okt 1998		Fischer (2002)
	AF515583	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	M. Fischer	DE, Baden-Württemberg		Aug 2001		Fischer (2002)
KR-M-0052296	AF515585	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	M. Fischer	DE, Baden-Württemberg		Aug 2001		Fischer (2002), Holotypus
	AY340024	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Vitis vinifera</i>	I. Morgenstern	DE		Feb 2000		Fischer & Binder (2004)
	AF515586	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Corylus avellana</i>	M. Fischer	IT, Latium		5.10.1999		Fischer (2002)
	AY620996	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Platanus acerifolia</i>	k. A.	IT, Rom		2001		Pilotti et al. (2005)
	AY620997	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Platanus acerifolia</i>	k. A.	IT, Rom		1998		Pilotti et al. (2005)
	AY780426	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Platanus acerifolia</i>	k. A.	IT, Rom		1998		Pilotti et al. (2005)
	FR686553	<i>Fomitiporia mediterranea</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	k. A.	DE, Nordrhein-Westfalen, Krefeld		10.05.2010		Schmidt et al. (2012)
	AF515564	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Rhamnus cathartica</i>	W. Paulus	DE, Bayern		11.5.1987		Fischer (2002)
	AF515563	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Salix caprea</i>	M. Fischer	DE, Bayern		4.7.1985		Fischer (2002)
	AF515561	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>	Y.-D. Dai	FI		5.10.1997		Fischer (2002)
	AF515562	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>	A. Bresinsky	EE		26.8.1989		Fischer (2002)

| Tab. 1. Fortsetzung.

KR-Nummer	GenBank accession no. (ITS)	wiss. Name Pilz	wiss. Name Wirt	Sammler	Fundort	Habitat und Befallsmerkmale	Datum	Zustand Material	Anmerkungen
AF515584	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Syringa vulgaris</i>	DE, Baden-Württemberg	M. Fischer			Okt 2001		Fischer (2002)
KR867637	<i>Fomitiporia punctata</i>	<i>Vitis vinifera</i>	ES, Valencia	k. A.			-		Fischer & González García (2015)
AF515560	<i>Fomitiporia robusta</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	DE, Bayern	L. Kriegelsteiner			15.5.1996		Fischer (2002)
AF515565	<i>Fomitiporia robusta</i>	<i>Quercus sp.</i>	EE	A. Bresinsky			28.8.1989		Fischer (2002)
AY340012	<i>Fomitiporia hartigii</i>	<i>Picea abies</i>	DE	M. Fischer			11.8.1984		Fischer & Binder (2004)
AY340028	<i>Fomitiporia hartigii</i>	<i>Tsuga canadensis</i>	CA	S. Audet			17.11.2001		Fischer & Binder (2004)
AF515573	<i>Phellinus igniarius</i>	<i>Salix caprea</i>	DE, Bayern	M. Fischer			25.6.1985		Fischer (2002)

ums (<https://fungi.naturkundemuseum-karlsruhe.de/start>) sowie aktuell anhand von gezielten Begehungen von Wein- (Durlach, Turmberg) und Robinienpflanzungen (Kugelrobinien und „normale“ Robinien) (Daxlanden, Rheinstrandallee, am Hochgestade; Grünwinkel, Silberstraße; Innenstadt-Ost, Nordseite Markgrafenstraße 8-26; Innenstadt-West, Moltkestraße 37-43; Mühlburg, Sophienstraße 206; Oststadt, Hennebergstraße 6; Rüppurr, Holderweg) ermittelt.

Befallsmerkmale

Da die Schädigung des Wirtes und die Verluste in Karlsruhe bei Kugelrobinien hoch sind, wurden bei diesem Wirt die äußeren (u. a. Bildung der Fruchtkörper, Absterben von Ästen, Standfestigkeit der Bäume) und die inneren Befallsmerkmale dokumentiert. Für letztere Untersuchungen wurde exemplarisch ein 120 cm langer Stammabschnitt in 15 Scheiben zersägt. Den abgestorbenen Baum in Karlsruhe-Innenstadt Ost, Markgrafenstr. 14, hatte das Gartenbauamt am 29.1.2022 fällen lassen (Abb. 7).

Ergebnisse

Bestimmung

Die sequenzierten Belege auf *Corylus*, *Platanus*, *Robinia* und *Wisteria* konnten durchweg *F. mediterranea* zugeordnet werden. Lediglich ein Beleg auf *Salix cinerea* (KR-M-0005854), gesammelt in einer Karlsruher Rheinaue wurde als *F. punctata* identifiziert. Von dem Beleg konnte nur eine kurze Sequenz generiert werden, diese reicht jedoch aus um den Beleg *F. punctata* sicher zuordnen zu können. Diese sequenzierten Belege (mit Ausnahme von KR-M-0005854) sowie weitere ITS-Sequenzen aus GenBank wurden für die Phylogenie (Abb. 1) genutzt und sind in Tabelle 1 aufgelistet. Weitere von uns in Karlsruhe gesammelte nicht sequenzierte und auch einige wenige nicht sequenzierbare Belege wurden *F. mediterranea* aufgrund ihres Vorkommens (urbane trockene Habitate), ihres Wirtsspektrums (*Robinia*) und ihrer unmittelbaren Nachbarschaft zu sequenzierten *F. mediterranea*-Fruchtkörpern zugeordnet. Diese Belege werden zusammen mit den sequenzierten Belegen in Tabelle 1 gelistet und für die Verbreitungskarte (Abb. 2) verwendet.

Der phylogenetische Stammbaum (Abb. 1) beinhaltet 20 Sequenzen von *F. mediterranea*, sechs von *F. punctata* und jeweils zwei von *F. hartigii* und *F. robusta* sowie die Außengruppe *Phellinus igniarius*. Die neun für die vorliegende Arbeit erfolgreich sequenzierten Belege sind in Fettdruck hervorgehoben.

Die Sequenzen umfassen die komplette ITS1 und ITS2-Region und das vollständige 5.8S-Gen sowie Teile der angrenzenden 18S und 28S Gene. Ihre Länge ist innerhalb der Arten leicht variabel, unterscheidet sich aber deutlicher zwischen den verschiedenen Taxa: *F. mediterranea* weist hauptsächlich 740 Nukleotide auf (14 Belege), in fünf Fällen 742 (*Coryllus*, *Platanus*, *Vitis*) und in einem 744 (*Vitis*). Die Variabilität ist damit nicht wirtsabhängig. Bei *F. punctata* finden sich 719 (3) oder

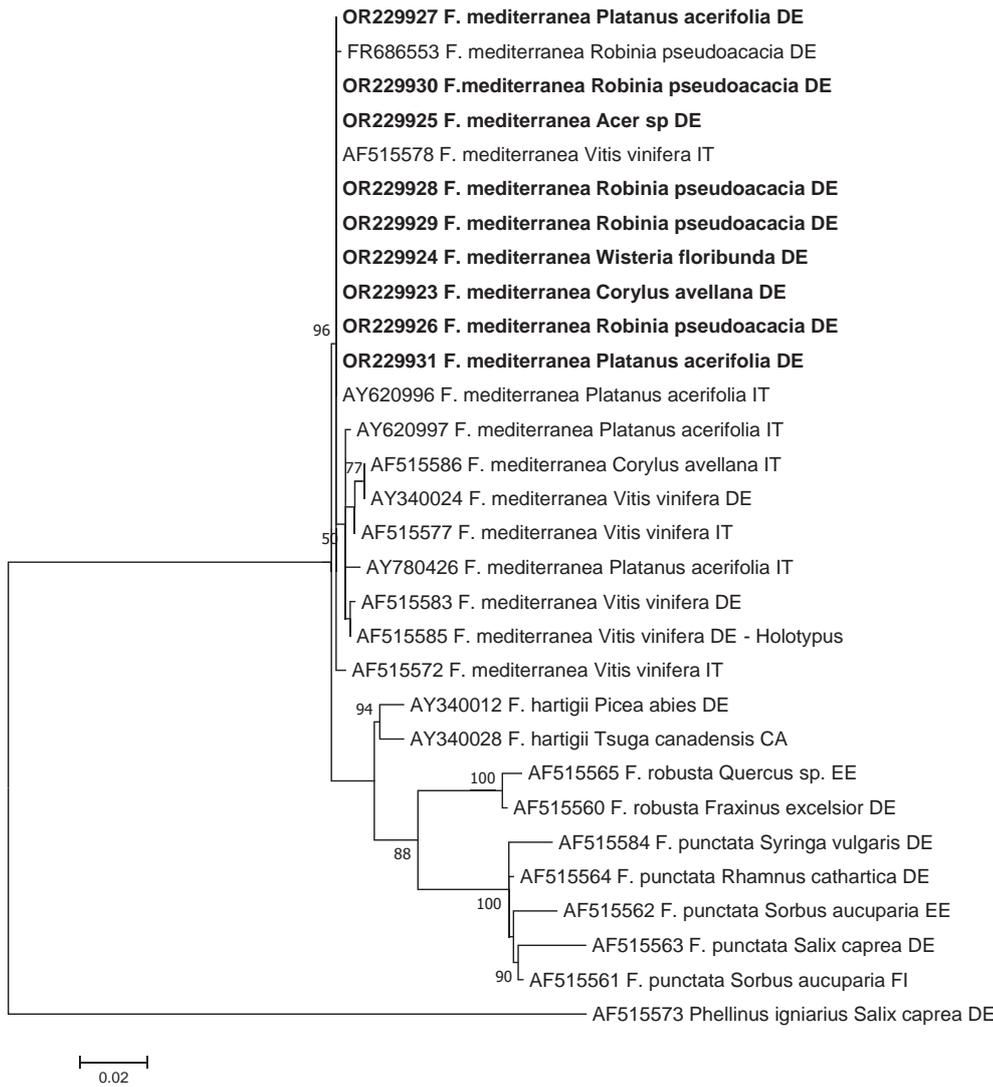


Abb. 1. Phylogenie von *Fomitiporia* anhand von ITS-Sequenzdaten unter Verwendung der Maximum-Likelihood-Methode mit Tamura-Nei Substitutionsmodell. Bootstrapwerte von über 50 % (100 Wiederholungen) sind an den Verzweigungen angegeben. Die für die vorliegende Arbeit sequenzierten Belege sind in Fettdruck hervorgehoben.

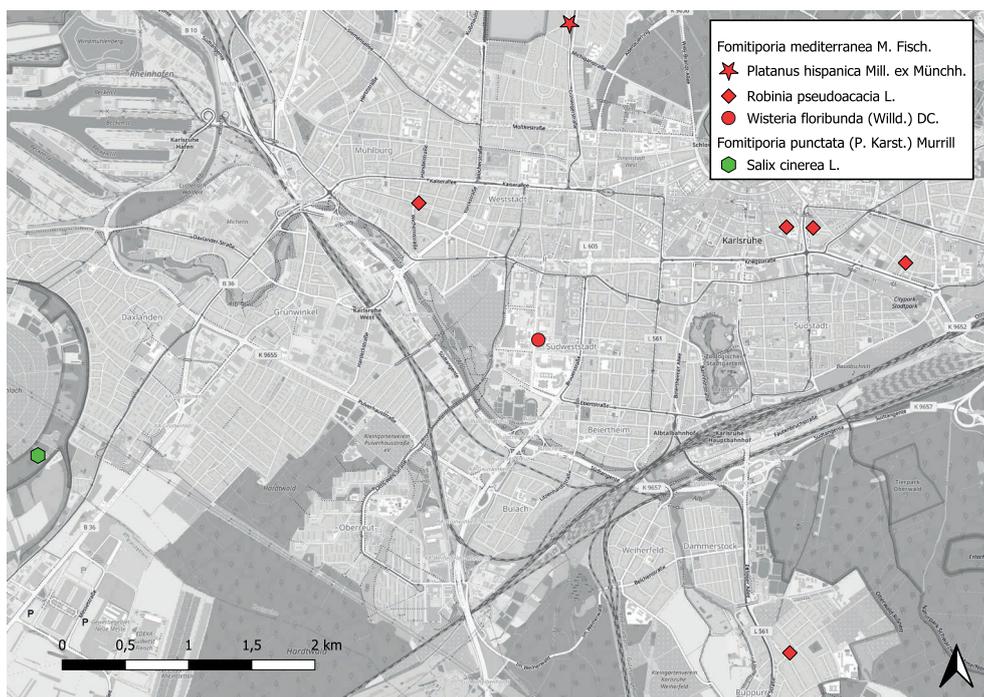


Abb. 2. Verbreitung von *Fomitiporia mediterranea* und *F. punctata* in Karlsruhe. Kartengrundlage: © OpenStreetMap contributors. OpenStreetMap database. OpenStreetMap Foundation: Cambridge, UK; 2021.

720 (2) Nukleotide pro Sequenz, bei *F. hartigii* 741 bzw. 743 und bei *F. robusta* 725 und 726.

Abbildung 1 zeigt vier deutliche Kladen, die aus jeweils einer *Fomitiporia*-Art besteht. *F. mediterranea* ist nicht die nächstverwandte Art von *F. punctata* sondern näher verwandt zu *F. hartigii*. Die Außengruppe *Phellinus ignarius* ist deutlich entfernt.

Verbreitung in Karlsruhe

Fomitiporia punctata ist in Karlsruhe nur im westlichen Randgebiet in der Rheinaue und dort auf *Salix cinerea* (Grau-Weide) vertreten (Abb. 3). Die Funde von *Wisteria*, *Platanus* (Abb. 4) und *Robinia* (Kugelrobinien) (Abb. 5, 6, 7, 8) im urbanen Bereich verteilen sich auf fünf Stadtteile und gehören alle *F. mediterranea* an. Besonders häufig sind Robinien betroffen, wobei sowohl dicht stehende Alleebäume wie in der Markgrafenstraße als auch solitäre Bäume befallen wurden, so die in der Sophienstraße in der Weststadt und in der Hen-



Abb. 3. *Fomitiporia punctata* auf *Salix cinerea* in einem Grauweidengebüsch in Karlsruhe-Daxlanden (dieses Foto und alle nachfolgenden Fotos von M. Scholler).



Abb. 4. Fruchtkörper von *Fomitiporia mediterranea* an einem großen Astloch von *Platanus acerifolia* in Karlsruhe-Nordweststadt.



Abb. 5. Gefällte Kugelrobinien (*Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera') als Folge des Befalls von *Fomitiporia mediterranea* in Karlsruhe-Rüppurr.



Abb. 6. Fruchtkörper auf der Astunterseite einer Kugelrobinie in Karlsruhe-Oststadt.



Abb. 7. Teil eines gefällten Kugelrobinienstamms als Folge von *Fomitiporia mediterranea*-Befall in Karlsruhe, Innenstadt-Ost.



Abb. 8. 15 Stammquerschnitte einer gefällten von *Fomitiporia mediterranea* durchwachsenen Kugelrobinie (vgl. Abb. 7). H = noch intaktes Holz, F = Fruchtkörper, N = N = Nistgänge, vermutlich von *Xylocopa violacea*, W = Weißfäule, verursacht durch *F. mediterranea*.

nebergstraße in der Oststadt (mittlerweile gefällt). Die Verbreitung der beiden Arten in Karlsruhe und ihrer Wirtspflanzen zeigt Abbildung 4. Der älteste Karlsruher Nachweis von *F. mediterranea* stammt von 2014 (KR-M-0036998) (Tab. 1).

Wirtspflanzen

Fischer & González García (2015) liefern eine Liste der Wirtsgattungen von *F. mediterranea*. Sie führen *Wisteria* nicht auf, folglich ist der aus Japan stammende Blauregen (*Wisteria floribunda*) eine noch unbekannt Wirtspflanze für *F. mediterranea*. Wie die Robinie gehört sie zu den Schmetterlingsblütlern (Fabaceae). Neue Wirtspflanzen für Deutschland sind *Acer saccharinum*, *Corylus avellana* und *Platanus acerifolia* (Abb. 5). In Karlsruhe dominiert *Robinia* als Wirt. Nach *Vitis vinifera*, dem wichtigsten Wirt in Deutschland, wurde in Karlsruhe ebenfalls gezielt gesucht (Weinberge am Turmberg in Durlach, Weinreben im Botanischen Garten, Fasanenstraße), es konnte jedoch kein sichtbarer Befall beobachtet werden.

Befalls- und Krankheitssymptome bei Kugelrobinien (*Robinia pseudoacacia* ‚Umbraculifera‘) auf Hochstämmen

Die äußeren Symptome bei älteren Bäumen sind einheitlich: Meist nahe der Pflanzungsstelle auf dem Stamm oder auf der Unterseite von Ästen bis zu 1 m vom Stamm entfernt werden mehrjährige resupinate (+/- polsterförmige) Fruchtkörper (Abb. 1, 7) ausgebildet. Auf Bäumen, die Fruchtkörper aufweisen sind meist mehrere Äste abgestorben, der Stamm ist oft instabil. Bei jüngeren Bäumen sind nur abgestorbene Äste, jedoch keine Fruchtkörper beobachtet worden. Ob hier bereits ein Befall im Holz vorliegt, wurde nicht überprüft.

Die inneren Symptome konnten anhand von 15 Stammquerschnitten eines ca. 120 cm langen Stammbereichs, der die untersten Astbereiche einschließt (Abb. 7, 8) dokumentiert werden. Äste und oberer Stammbereich sind im Zentrum hohl (Abb. 8, Querschnitt 1 – 9). Es handelt sich hierbei um Nistgänge von xylobionten Insekten, möglicherweise von *Xylocopa violacea* (Große Blaue Holzbiene), die auch Nistgänge in den Fruchtkörpern bildet (siehe hierzu Tab. 1, Beleg KR-M-0058859). Das Mycel des Pathogens hat den gesamten untersuchten Bereich durchwachsen und verursacht dabei eine intensive Weißfäule. Die Verbreitung der Weißfäule zeigt, dass der Pilz sowohl das Kernholz als auch die Rinde durchwachsen kann. Im Stammbereich unterhalb der Pflanzungsstelle (Abb. 8, Querschnitt 9 – 15) ist der weißfaule Anteil am höchsten. Im Bereich der Fruchtkörper (Abb. 8, Querschnitt 6 – 10) durchwächst der Pilz Bast und Borke.

Der Befall durch *F. mediterranea* führt häufig zum Absterben der Wirtsbäume. So mussten im Bereich der östlichen Markgrafenstraße (Abb. 4, 5), im Holderweg (Abb. 6) und zuletzt in der Hennebergstraße in jüngerer Zeit befallene oder mutmaßlich befallene Bäume gefällt werden. An „normalen“ ungepflanzten Robinien, ob wildwachsend (östlicher Randbereich NSG Alter Flugplatz) oder angepflanzt (Abhang zum Tiefgestade in Daxlanden, Abhang Silberstraße, Grünwinkel) konnte kein sichtbarer Befall nachgewiesen werden. Die Dax-

lander Robinien wurden ebenfalls vielfach gefällt, doch war hierfür der Hallimasch (*Armillariella* sp.) ursächlich.

Diskussion

Fomitiporia mediterranea konnte mit Hilfe von rDNA-Sequenzen (ITS) an und in lebenden Karlsruher Kugelrobinien nachgewiesen werden. Dies indiziert, dass der Pilz die Ursache für die Erkrankung und das Absterben der Bäume im Stadtgebiet von Karlsruhe ist. Kein weiterer Schädling konnte auf dem lebenden Holz nachgewiesen werden. Die Beobachtung, dass nur die Robiniensorte *R. pseudoacacia* ‚Umbraculifera‘ mit Hochstamm befallen und Fruchtkörper nur im Bereich der Pflanzungszone gebildet werden, deutet an, dass die Pflanzung möglicherweise als Eintrittspforte für den Pilz dient und als Austrittspforte in der Folge Fruchtkörper gebildet werden. Hierfür spricht auch die Ausbreitung des Mycels im Stamm wie es in Abbildung 8 dargestellt wurde. Interessanterweise steht dies in Widerspruch zu den Beobachtungen an – ebenfalls gepfropften – Weinreben, wo in erster Linie die mit dem Winterschnitt assoziierten Schnittwunden als Eintrittspforte dienen (Fischer, 2002). Die Baumquerschnitte (Abb. 8) zeigen, dass sich Weißfäule sowohl im Rand als auch im zentralen Bereich des Stamms zeigt. Offensichtlich können alle Stammbereiche durchwachsen werden.

Wir vermuten, dass die Situation der Kugelrobinien und möglicherweise auch anderer Bäume in anderen Städten in Südwestdeutschland ähnlich bedrohlich ist wie in Karlsruhe. So berichtet die populäre Presse (Stadt Rastatt, 2023) von einem Pilzschädling auf Kugelrobinien in der Poststraße in der Rastatter Innenstadt, der eine Fällung der Bäume erforderte. Die Kugelrobinien wurden durch „Kugelsteppenkirchen“ (*Prunus fruticosa* ‚Globosa‘) ersetzt. Der zuständige Baummanager der Stadt bestätigte uns den Befall durch einen ursächlichen „Feuerschwamm“ (D. Brünig, pers. Mitt.). Die Kosten hierfür sollen 70.000 € betragen haben (Anonymus, 2023). Erwähnenswert ist, dass am Nordostende der Poststraße eine ungepflanzte „normale“ Robinie steht, die sich völlig gesund zeigt (Beobachtung JB, MS, Juli 2023). Somit gelten die schlechten Prognosen für gepfropfte Kugelrobinien keineswegs auch für „normale“ ungepflanzte Individuen von *Robinia pseudoacacia*.

In Deutschland wurde *Fomitiporia mediterranea* bisher mit Ausnahme eines einzelnen Fundes auf *Robinia pseudoacacia* nur auf *Vitis vinifera* nachgewiesen (Fischer, 2012; Schmidt et al., 2012). Generell weist der Pilz ein sehr breites Wirtsspektrum mit Gehölzen aus den verschiedensten Pflanzenfamilien und Ordnungen auf (Pilotti et al., 2005; 2009; Fischer & González García, 2015; Moretti et al., 2021). In unserer Studie konnten vier weitere Wirtsgattungen, verteilt auf vier verschiedene Familien und Ordnungen, für Deutschland nachgewiesen werden: Ahorn (*Acer*, Sapindaceae, Sapindales), Haselnuss (*Corylus*, Betulaceae, Fagales), Platane (*Platanus*, Platanaceae, Proteales) und Blauregen (*Wisteria*, Fabaceae, Fabales). *Wisteria* (mit der Art *W. floribunda*) ist eine weltweit erstmals nachgewiesene Wirtsgattung. Berücksichtigt man das taxonomisch weite und große Wirtsspektrum und das Schadpotential des Pilzes, so liegt nahe, dass weitere Gehölze, ähnlich der Robinie und der Weinrebe, erheblich geschädigt werden könnten und für die weitere Anpflan-

zung eher nicht empfohlen werden sollten. Tatsächlich gibt es Hinweise, die diese Vermutung nahelegen. So berichten Pilotti et al. (2005) in Italien und Tubby & Pérez-Sierra (2015) in Großbritannien von erheblichen Schäden an Platane, die in Karlsruhe häufig angepflanzt wird. Auf *Wisteria* konnten wir die Art in Karlsruhe aktuell nicht anhand von Fruchtkörpern nachweisen, doch sind viele der Pflanzen krank und zeigen die Symptome die den Pilz an *Vitis* und *Robinia* auszeichnen.

Die nach heutigem Kenntnisstand mit *F. mediterranea* morphologisch identische, aber wohl nicht die nächst verwandte Art *F. punctata* wurde nicht auf Robinie beobachtet. Sie konnte aber am westlichen Stadtrand in den Rheinauen auf Grau-Weide (*Salix cinerea*) nachgewiesen werden. Dies deutet an, dass *F. mediterranea* eine synanthrope, an Wärme und Trockenheit angepasste Art ist, die vom Stadtklima profitiert, während *F. punctata* feuchtere, kühlere und naturnähere Standorte bevorzugt. Diese ökologische Charakterisierung wird auch durch weitere Belege auf anderen Wirten im Stadtgebiet (*Platanus*, *Wisteria*) gestützt. Leider ist uns die Sequenzierung eines Belegs auf *Sorbus aucuparia* aus der Kernzone des Nationalparks Schwarzwald und damit einem naturnäheren, feuchten und kühleren Habitat (Beleg KR-M-0037283; vgl. Scholler et al., 2021) nicht gelungen. Er hätte zur weiteren Klärung dieser Frage beitragen können. Wichtig wäre auch der molekulare Beweis für *Corylus avellana* als Wirt von *F. punctata*. Schließlich gilt *Corylus avellana* als der Hauptwirt von *P. punctata* (z. B. Ryvarden & Melo, 2014). Für die Unterscheidung der beiden Arten liegen keine gesicherten morphologischen Differentialmerkmale vor (Fischer 2002). Erschwerend kommt hinzu, dass auch das Wirtsspektrum in Teilen überlappt und keine Unterscheidung zulässt. So kommen nach heutigem Kenntnisstand beide Arten auf *Acer*, *Corylus*, *Olea*, *Quercus* und *Vitis* vor. Den Beweis, dass unter besonderen Standortbedingungen beide Arten auf *Vitis* vorkommen können, erbrachte Fischer (2002). Da *F. punctata* ein nördlicheres, kühleres und feuchteres Milieu bevorzugt, könnte man die Temperatur- und Habitatpräferenzen der beiden Arten zu einer wenn auch unsicheren Artbestimmung nutzen. Eine sichere Unterscheidung wird aber vorerst nur eine Sequenzanalyse garantieren. In der Vergangenheit publizierte Nachweise von *F. punctata* aus wärmebegünstigten, synanthropen Habitaten Mitteleuropas müssen folglich als sehr unsicher gelten und sollten nicht für Monitoringzwecke verwendet werden.

Die Beobachtungen in Europa und speziell die in Deutschland zeigen, dass *F. mediterranea* vor allem an alten Weinreben auftritt (Fischer, 2012). Diese mutmaßliche Präferenz könnte aber auch durch die ökonomische Bedeutung des Weins, der ständig „unter Beobachtung“ ist, erklärt werden. Moretti et al. (2021) halten den Mittelmeer-Feuerschwamm für eine Art, die in Ausbreitung begriffen ist, möglicherweise als Folge der Klimaverschiebung. Der Erstnachweis der Esca-Krankheit der Weinrebe in Deutschland stammt aus dem Markgräflerland südlich von Freiburg „Mitte der 1980er Jahre“ (Kassemeyer et al., 2002, zitiert nach Fischer, 2012). Ob bei diesem Ereignis *F. mediterranea* beteiligt war ist nicht bekannt. Fischer (2012) vermutet, dass die Einwanderung der Art in Baden-Württemberg in den letzten Jahrzehnten des vori-

gen Jahrhunderts erfolgte. Nach unseren Untersuchungen stammt der erste bundesweite Nachweis des Pilzes aus dem Jahr 1988 aus Rheinland-Pfalz (Annweiler) auf *Corylus avellana* (Beleg KR-M-0019125, siehe Tab. 1). Da der Pilz etliche Jahre in vegetativer Form im Wirt verweilt bevor er fruktifiziert (Fischer, 2012), dürfte in diesem Fall der Pilz spätestens Ende der 1970er Jahre eingetroffen sein und bestätigt somit die Einschätzung von Fischer (2012). Eine genauere zeitliche Einordnung ließe sich durch die Sequenzierung älteren Herbarmaterials ermitteln. Leider ist dies methodisch (noch) problematisch; auch in unserer Studie misslang die Sequenzierung einiger älterer Exsikkate.

Danksagung

Horst Staub und Ursula Sauter hinterlegten ihre Pilzsammlungen im Karlsruher Pilzherbarium. Somit standen auch ältere Belege für Sequenzanalysen zur Verfügung. Lukas Hölker und Johannes Zitzmann halfen beim Monitoring von *Fomitiporia mediterranea* in Karlsruhe. J. Zitzmann lieferte uns Daten zur Pflanzung von Robinien aus dem Archiv des Gartenbauamts Karlsruhe und half beim Monitoring. Dr. Florian Raub bestimmte *Xylocopa violacea*. Detlev Brüning berichtete uns von „Feuerschwamm“ an Rastatter Kugelrobinien, Christoph Baumann fertigte Stammquerschnitte an. Dr. Jörg Grüner, Dr. Jan Hinrichs-Berger und Dr. Flavius Popa sichteten das Manuskript und lieferten wichtige Hinweise und Verbesserungsvorschläge. Allen sei ganz herzlich für ihre Unterstützung gedankt.

Erklärung zu Interessenskonflikten

Die Autorin und die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte vorliegen.

Literatur

- Fischer, M., 2002:** A new wood-decaying basidiomycete species associated with esca of grapevine: *Fomitiporia mediterranea* (Hymenochaetales). *Mycological Progress* **1**, 315-324, DOI: 10.1007/s11557-006-0029-4.
- Fischer, M., 2012:** Ein Basidiomycet als Neubürger: Vorkommen und Ausbreitung des Mittelmeer-Feuerschwamms (*Fomitiporia mediterranea*, Hymenochaetales) in den badischen Weinbaugebieten, mit Hinweisen zum Vorkommen in Deutschland. *Andrias* **19**, 229-236.
- Fischer, M., 2019:** Grapevine trunk diseases in German viticulture. III. Biodiversity and spatial distribution of fungal pathogens in rootstock mother plants and possible relation to leaf symptoms. *Vitis* **58**, 141-149, DOI: 10.5073/vitis.2019.58.141-149.
- Fischer, M., M. Binder, 2004:** Species recognition, geographic distribution and host-pathogen relationships: a case study in a group of lignicolous basidiomycetes, *Phellinus* s.l. *Mycologia* **96**, 799-811, DOI: 10.2307/3762113.
- Fischer, M., V. González García, 2015:** An annotated checklist of European basidiomycetes related to white rot of grapevine

- (*Vitis vinifera*). *Phytopathologia Mediterranea* **54** (2), 281-298. DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-16293.
- Jahn, H., 1967:** Die resupinaten *Phellinus*-Arten in Mitteleuropa, mit Hinweisen auf die resupinaten *Inonotus*-Arten und *Poria expansa* (Desm.) [= *Polyporus megaloporus* Pers.]. *Westfälische Pilzbriefe* **6**, 37-126.
- Jülich, W., 1984:** Kleine Kryptogamenflora Band 2, b, Teil 1 – Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze Gustav Fischer Verlag, Jena, 616 S.
- Kassemeyer, H.H., Buchholz, G. & Fischer, M., 2002:** Esca – Pilzkrankheit gefährdet den Weinbau. *Biospektrum* **8**, 365-367.
- Krieglsteiner, G. (Hrsg.), 2000:** Die Großpilze Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil. Ständerpilze: Gallert-, Rinden-, Stachel- und Porenpilze. Ulmer Verlag, Stuttgart, 629 S.
- Kumar, S., G. Stecher, K. Tamura, 2015:** MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0. *Molecular Biology and Evolution* **33** (7), 1870-1874, DOI: 10.1093/molbev/msw054.
- Moretti S., A. Pacetti, R. Pierron, H.H. Kassemeyer, M. Fischer, J.P. Péros, G. Perez-Gonzales, E. Bieler, M. Schilling, S. Di Marco, E. Gelhaye, L. Mugnai, C. Bertsch, S. Farine, 2021:** *Fomitiporia mediterranea* M. Fisch., the historical esca agent: A comprehensive review on the main grapevine wood rot agent in Europe. *Phytopathologia Mediterranea* **60** (2), 357-385, DOI: 10.36253/phyto-13021.
- Pilotti, M., F. Gervasi, A. Brunetti, 2005:** Molecular Identification of *Fomitiporia mediterranea* and *Eutypa lata/Libertella blepharis* in *Platanus × acerifolia*. *Journal of Phytopathology* **153**, 193–202, DOI: 10.1111/j.1439-0434.2005.00950.x.
- Pilotti, M., L. Tizzani, A. Brunetti, F. Gervasi, G. di Lernia, V. Lumia, 2009:** Molecular identification of *Fomitiporia mediterranea* on declining and decayed hazelnut. *Journal of Plant Pathology* **92**, 115-129, DOI: 10.4454/jpp.v92i1.21.
- Ryvarden, L., I. Melo, 2014:** Poroid Fungi of Europe. *Fungiflora*, Oslo, 455 S. (Series Synopsis Fungorum. Vol. 31).
- Schmidt, O., O. Gaiser, D. Dujesiefken, 2012:** Molecular identification of decay fungi in the wood of urban trees. *European Journal of Forest Research* **131**, 885-891, DOI: 10.1007/s10342-011-0562-9.
- Scholler, M., G. Müller, 2008:** Projekt „Pilzflora von Karlsruhe“ – erste Ergebnisse. *Carolinea* **66**, 87-93.
- Scholler, M., T. Bernauer, H. Ostrow, F. Popa, G. Saar, M. Wieners, 2021:** Saprotrophic and parasitic fungi (Agaricomycotina, Basidiomycota). – In: Scholler, M., F. Popa, (Hrsg.), *Fungi of the former protected forest Wilder See in the Black Forest National Park with special consideration of species associated with Abies alba (silver fir)*. – *Forschung im Nationalpark Schwarzwald* **1**, 309-361.
- Stadt Rastatt, 2023:** Baumwechsel in der Poststraße: Kugelrobinien von massivem Pilzbefall betroffen. Internetauftritt der Stadt Rastatt, URL: <https://www.rastatt.de/rathaus-und-politik/stadtverwaltung/pressemitteilungen/baumwechsel-in-der-poststrasse-kugelrobinien-von-massivem-pilzbe-fall-betroffen>, Zugriff: 20.07.2023.
- Tomsovský, M., Sedlák, P., Jankovský, L., 2010a:** Species recognition and phylogenetic relationships of European *Porodaedalea* (Basidiomycota, Hymenochaetales). *Mycological Progress* **9**, 225-233, DOI: 10.1007/s11557-009-0628-y.
- Tomsovsky, M., P. Vampola, P. Sedlák, Z. Byrtusová, L. Jankovský, 2010b:** Delimitation of central and northern European species of the *Phellinus igniarius* group (Basidiomycota, Hymenochaetales) based on analysis of ITS and translation elongation factor 1 alpha DNA sequences. *Mycological Progress* **9**, 431-445, DOI: 10.1007/s11557-009-0653-x.
- Tubby, K.V., A. Pérez-Sierra, 2015:** Pests and pathogen threats to plane (*Platanus*) in Britain. *Arboricultural Journal* **37**(2), 85-98, DOI: 10.1080/03071375.2015.1066558.
- White, T.J., T. D. Bruns, S. Lee, J. W. Taylor, 1990:** Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., D. H. Gelfand, J.J.T. Sninsky, T.J. White (Hrsg.), *PCR protocols*. San Diego (Academic Press), 315-322.