

Eingeschleppte Pilze in der Schweiz

Jonas Brännhage, Ludwig Beenken und Andrin Gross

Mit der Zunahme des weltweiten Handels steigt auch die Anzahl der mitverschleppten Pilzarten (Neomyceten) stark an. Mittlerweile sind etwa 300 Neomyceten allein in der Schweiz bekannt, von denen bislang aber nur wenige als invasiv gelten. Diese invasiven Pilze, meist handelt es sich um Baumschädlinge, können aber für den Fortbestand gewisser Baumarten und die

mit ihnen vergesellschafteten heimischen Organismen eine Gefahr darstellen. Haben sich die invasiven Arten erst einmal angesiedelt, ist eine Bekämpfung äusserst schwierig oder gar unmöglich. Deshalb sollte die Einschleppung weiterer Neomyceten in die Schweiz verhindert werden, was eine verstärkte Kontrolle des Pflanzenhandels bedingt.

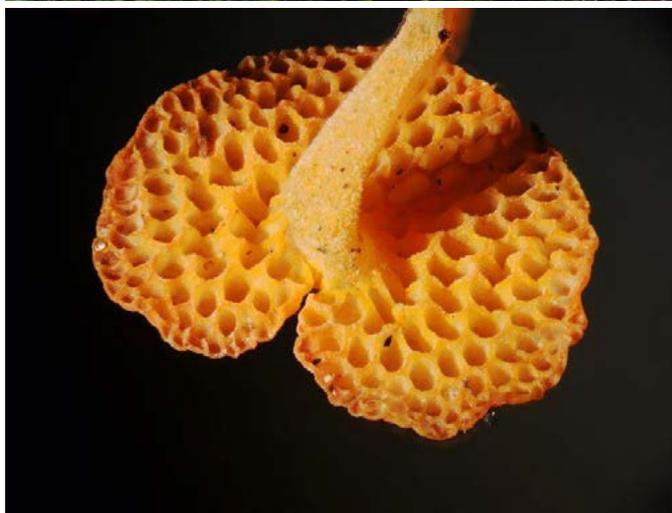


Abb. 1. Zusammenstellung verschiedener Neomyceten mit unterschiedlicher Lebensweise: Roter Gitterling (*Clathrus ruber*), Elfenbeinröhrling (*Suillus placidus*), Eichenmehltau (*Erysiphe alphitoides*), Orangeroter Porenhelmling (*Favolaschia calocera*).

Pilze erfüllen wichtige Funktionen in der Natur und sind für funktionierende Ökosysteme unverzichtbar. In Symbiose mit Pflanzen (Mykorrhizapilze) fördern sie deren Wachstum und Gesundheit, als Zersetzer sorgen sie für das Recycling von Nährstoffen und als Parasiten tragen sie zur natürlichen Regulierung des Pflanzenbestandes bei. Wenn Pilze jedoch ihr Verbreitungsgebiet dank der Verschleppung durch den Menschen ausweiten, kann das Gleichgewicht in einem Lebensraum des neu erschlossenen Gebiets empfindlich gestört werden. So führen die eigentlich im Haushalt der Natur unverzichtbaren Pilze am «falschen» Ort durchaus zu Problemen.

Neomyceten: Definition und Grundlagen

Als Neobiota bezeichnet man allgemein Organismen, die mit oder ohne Absicht durch Tätigkeiten des Menschen in ein Gebiet gelangt sind, in dem sie natürlicherweise nicht vorkommen. Solche gebietsfremden Arten nennt man bei den Pflanzen Neophyten, bei den Tieren Neozoen und bei den Pilzen entsprechend Neomyceten (Abb. 2). Die allermeisten Neomyceten in der Schweiz sind durch die Zunahme des weltweiten Handels unbeabsichtigt eingeschleppt worden. Als Stichjahr, ab dem man von Neobiota spricht, gilt die Entdeckung Amerikas 1492, dem symbolischen Beginn des weltweiten Handels.

Allgemein ist bekannt, dass es unter den Neophyten und Neozoen einige für Mensch und Umwelt problematische Arten gibt – Beispiele sind die Goldruten (*Solidago gigantea* und *canadensis*), Ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*), die Wandermuschel (*Dreissena polymor-*

pha) oder der Rote Sumpfkrebs (*Procambarus clarkii*). Dass es auch unter den eingeschleppten Pilzen solche Arten gibt, ist weniger bekannt. Von den meisten Neomyceten geht denn auch keine grosse Gefahr aus. Einige wenige, die sogenannten invasiven Neomyceten, können sich aber stark ausbreiten und grosse ökonomische, ökologische oder sogar gesundheitliche Schäden verursachen (siehe «Gefahren durch Neomyceten»).

Ein kürzlich eingeschleppter invasiver Neomycet ist das ostasiatische Falsche Weisse Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*), der Erreger des Eschen-triebsterbens (auch Eschenwelke genannt). Der 2008 in der Schweiz erstmals festgestellte Pilz ist für die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) und alle mit ihr vergesellschafteten Organismen eine ernsthafte Bedrohung. So könnte die Gemeine Esche ein ähnliches Schicksal ereilen wie die heimischen Ulmenarten. Die Ulmenwelke wird ebenfalls durch invasive Neomyceten (*Ophiostoma novo-ulmi* und *O. ulmi*) verursacht und hat in zwei grossen Krankheitswellen dazu geführt, dass ein Grossteil der Ulmen in Europa zugrunde ging. Ausfälle von solchen wichtigen Schlüsselarten können auch andere, von ihnen abhängige Organismen an den Rand des Aussterbens bringen und im Extremfall ganze Lebensräume destabilisieren.

Es erstaunt deshalb, dass unser Kenntnisstand über diese potenziell sehr gefährlichen Neomyceten – im Gegensatz zu Neophyten und Neozoen – noch sehr gering ist. Es besteht grosser Forschungsbedarf, um die Auswirkungen von Neomyceten auf Mensch und Umwelt besser zu verstehen und vorherzusagen. Eine wichtige Grundlage ist der Bericht «Neomyceten in der Schweiz» von BEENKEN

Wie kann man sicher sein, dass ein Pilz für ein Gebiet neu ist?

- Die Einschleppung einer Pilzart ist gut dokumentiert, da ihr ursprüngliches natürliches Areal bekannt ist (z.B. Tintenfischpilz [*Clathrus archeri*]).
- Die Pilzart tritt plötzlich auf und ist sehr auffällig, so dass es unwahrscheinlich ist, dass sie früher übersehen wurde (z.B. Roter Gitterling [*Clathrus ruber*]). Bei pflanzenschädigenden (phytopathogenen) Pilzen gilt das auch für die Symptome an den befallenen Pflanzen (z.B. Eschen-triebsterben).
- Der Pilz ist als Parasit oder Symbiont so stark von einer nicht einheimischen Pflanze (z.B. Neophyt) abhängig, dass er vor Einführung seiner Wirtspflanze im Gebiet nicht existieren konnte (z.B. der Zedern-Sandborstling [*Geopora sumneriana*] als obligater Mykorrhizapilz der nicht heimischen Zedern [*Cedrus* spp.]).

und SENN-IRLET (2016), der alle aus der Schweiz bis dahin bekannten, mit Pflanzen vergesellschafteten Neomyceten auflistet und den Kenntnisstand zu den einzelnen Arten zusammenfasst.

Anlaufstellen zu verschiedenen Neomyceten

Die an der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL angesiedelten Stellen SwissFungi (nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Pilze) und Waldschutz Schweiz (Fachstelle für Waldschutz) behandeln neben harmlosen Neomyceten



Abb. 2. Beispiele für invasive Arten: Neophyt (Späte Goldrute – *Solidago gigantea*), Neozoon (Asiatischer Laubholzbockkäfer – *Anoplophora glabripennis*) und Neomycet (Kastanienrindenkrebs – *Cryphonectria parasitica*).

auch solche, die Schäden im Wald oder der Umwelt verursachen können. Waldschutz Schweiz und SwissFungi sind Anlaufstellen (Tab. 1) für Fachauskünfte und bilden die Schnittstelle zu den zuständigen Bundesämtern. Für durch Pilze verursachte Tierseuchen oder Krankheiten an Kulturpflanzen gibt es andere Anlaufstellen.

Gefahren durch Neomyceten

Die meisten Neomyceten machen kaum Probleme in der Umwelt, nur die wenigsten sind invasiv. Dabei spielt ihre Lebensweise eine entscheidende Rolle. Die grösste Gefährdung für Lebensräume geht von parasitischen Neomyceten aus. Obwohl es dazu noch kaum

Daten gibt, geht man davon aus, dass eingeschleppte saprotrophe Pilze (Zersetzer) sowie Mykorrhizapilze ein deutlich geringeres Schadpotenzial für die Umwelt aufweisen. Neomyceten in der Schweiz können in fünf Etablierungsstatus eingeteilt werden (Tab. 2).

Tab. 1. Anlaufstellen für Fachauskünfte zu verschiedenen Neomyceten in der Schweiz.

Verschiedene Kategorien von Neomyceten	Zuständigkeit / Anlaufstellen	Bekannte Beispiele	Weblinks
Bodenbewohnende und mit Pflanzen assoziierte Neomyceten (ohne Kulturpflanzen)	SwissFungi (nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Pilze)	– Elfenbeinröhrling (<i>Suillus placidus</i>) – Tintenfischpilz (<i>Clathrus archeri</i>)	swissfungi.wsl.ch
Tierseuchen an Nutztieren verursachende Neomyceten	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV). Die öffentliche Datenbank InfoSM enthält Informationen zu Tierseuchen in der Schweiz	– Krebspest (<i>Aphanomyces astaci</i>)	blv.admin.ch infosm.blv.admin.ch
Tierseuchen an Wildtieren verursachende Neomyceten	Verschiedene, zum Beispiel FIWI (Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin), Karch (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz)	– Fischschimmel (<i>Saprolegnia parasitica</i>) – Chytridiomykose bei Amphibien (<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>)	fiwi.vetsuisse.unibe.ch karch.ch
Neomyceten an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen	Erste Anlaufstellen sind die kantonalen Pflanzenschutzdienste oder Agroscope. Auf nationaler Ebene ist der Eidgenössische Pflanzenschutzdienst (EPSD) des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) zuständig.	– Maisbeulenbrand (<i>Ustilago maydis</i>) – Falscher Mehltau der Weinrebe (<i>Plasmopara viticola</i>)	agroscope.admin.ch blw.admin.ch > Pflanzengesundheit
Waldgesundheit betreffende Neomyceten	Erste Anlaufstellen sind die kantonalen Waldschutzbeauftragten oder Waldschutz Schweiz (WSS). Auf nationaler Ebene sind der EPSD und die Sektion Waldschutz und Waldgesundheit des BAFU zuständig.	– Kastanienrindenkrebs (<i>Cryphonectria parasitica</i>) – Braunfleckenkrankheit (<i>Lecanosticta acicola</i>)	blw.admin.ch > Adressliste der Waldschutzbeauftragten waldschutz.wsl.ch bafu.admin.ch > Sektion Waldschutz und Waldgesundheit blw.admin.ch > Pflanzengesundheit

Tab. 2. Einteilung der Neomyceten der Schweiz in verschiedene Kategorien (Stand 2021).

Etablierungsstatus	Definition	Anzahl Arten	Beispiele
Etabliert	Eine gebietsfremde Art ist etabliert, wenn sie ohne menschliches Zutun in der freien Natur existiert und sich regelmässig fortpflanzt und somit nicht auf eine wiederholte Ausbringung angewiesen ist.	117	– Eschentriebsterben (<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>) – Tintenfischpilz (<i>Clathrus archeri</i>)
Nicht etabliert	Beispielsweise Reisegepäck- oder Warmhausarten, die sich kaum in der freien Natur werden etablieren können. Einige von ihnen könnten zukünftig vielleicht auch in der Natur vorkommen, wenn sich die klimatischen Bedingungen ändern.	133	– Gelber Faltenschirmling (<i>Leucocoprinus birnbaumii</i>) – Kubanischer Kahlkopf (<i>Psilocybe cubensis</i>)
Subspontan	Die Art ist unbeständig, pflanzt sich nicht regelmässig fort.	29	– Himbeerrote Hundsrute (<i>Mutinus ravenelii</i>) – Runzeliger Ackerling (<i>Agrocybe rivulosa</i>)
Ausschliesslich in Haushalten oder Landwirtschaft	In diese Kategorie fallen Arten wie der Kartoffelkäfer oder die Hausmotte, die ausschliesslich Haushalts- oder Landwirtschaftsschädlinge sind.	19	– Maisbeulenbrand (<i>Ustilago maydis</i>) – Falscher Mehltau der Weinrebe (<i>Plasmopara viticola</i>)
Zu erwarten	Arten, von denen angenommen wird, dass sie in naher Zukunft in der Schweiz auftreten und sich etablieren können und dass deren Ausbreitung die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigen oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährden.	23	– Salamanderpest (<i>Batrachochytrium salamandrivorans</i>) – Wurzelschwamm (<i>Heterobasidion irregulare</i>)

Tab. 3. Übersicht der Merkblätter und Factsheets einiger relevanter Neomyceten in der Schweiz.

Name Krankheit/ deutscher Pilzname	Wissensch. Pilzname	Wirt/ Substrat
Braunfleckenkrankheit	<i>Lecanosticta acicola</i>	<i>Pinus</i> spp.
Rotbandkrankheit	<i>Dothistroma</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.
Platanenkrebs	<i>Ceratocystis platani</i>	<i>Platanus</i> spp.
Eichentod	<i>Phytophthora quercina</i> und <i>P. ramorum</i>	<i>Quercus</i> spp. u.v.a.
Kastanienrindenkrebs	<i>Cryphonectria parasitica</i>	<i>Castanea</i> spp.
Eschentriebsterben	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	<i>Fraxinus</i> spp.
Ulmenwelke	<i>Ophiostoma ulmi</i> und <i>O. novo-ulmi</i>	<i>Ulmus</i> spp.
Eichen-Mehltau	<i>Erysiphe alphitoides</i> , <i>hypophylla</i> und <i>quercicola</i>	<i>Quercus</i> spp. u.v.a.
Tintenfischpilz und Roter Gitterling	<i>Clathrus archeri</i> und <i>ruber</i>	Erde, Humus
Salamanderpest	<i>Batrachochytrium salamandrivorans</i>	Salamander und Molche
Wurzelhalsfäule der Erle	<i>Phytophthora xalni</i>	<i>Alnus</i> spp.
Parfümierter Trichterling	<i>Paralepistopsis amoenolens</i>	Streu
Russrindenkrankheit	<i>Cryptostroma corticale</i>	<i>Acer</i> spp.
Orangeroter Porenpilz	<i>Favolaschia calocera</i>	Totholz

Für einige in der Schweiz relevante Neomyceten existieren bereits Merkblätter oder Factsheets, die auf der Website von SwissFungi (swissfungi.wsl.ch/artenmerkblaetter) heruntergeladen werden können (Tab. 3). Mehrere neue Factsheets sind derzeit in Erarbeitung.

Bei den meisten dieser Neomyceten handelt es sich um Baumkrankheiten. Zwei besonders gravierende Beispiele werden in der Folge kurz vorgestellt.

Das Eschentriebsterben

Das durch das invasive Falsche Weisse Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) hervorgerufene Eschentriebsterben trifft man heute in fast jedem Waldbestand der Schweiz mit der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) an. Die befallenen Bäume haben typisch aufgelichtete Kronen und zeigen einen Besenwuchs (Abb. 3). Das Verstopfen der Leitgefässe durch den Pilz und Se-

kundärbefall durch andere Organismen (z. B. Hallimasch – *Armillaria* spp.) führen zum Absterben der Eschen. Da das Vorhandensein und Ausmass von allfälligen Resistenzen bei der Esche derzeit noch unklar sind, erscheint die Zukunft der Esche sowie der an sie gebundenen Organismen ungewiss. Die Schweiz wurde nach dem ersten Auftreten des Eschentriebsterbens 2008 innerhalb weniger Jahre praktisch vollständig befallen. Auch die Alpenbarriere konnte die Ausbreitung nur unmerklich verlangsamen. Die Ausbreitung des Eschentriebsterbens in Europa zeigt den typischen Verlauf einer biologischen Invasion (Abb. 4). Auf die in den ersten knapp zehn Jahren relativ langsame Ausbreitung folgte eine Phase mit exponentiellem Wachstum (GROSS *et al.* 2014).

Ausführlichere Informationen zum Eschentriebsterben finden sich im Merkblatt für die Praxis 57 «Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen» (RIGLING *et al.* 2016).

Der Kastanienrindenkrebs

Als 1948 der aus Ostasien stammende und dort harmlose Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*; siehe Abb. 2) erstmals in der Schweiz auftauchte, war die Sorge um die Edelkastanie (*Castanea sativa*) gross. Dieser



Abb. 3. Typisches Schadbild des Eschentriebsterbens mit aufgelichteter und verbuschter Krone.

Was macht parasitische Neomyceten derart gefährlich?

Das Zusammenspiel zwischen Parasit und Wirt ist oft eine über Jahrtausende erprobte Beziehung in einer bestimmten Umgebung, in der sich beide ständig aneinander anpassen mussten. Man nennt diese Wechselwirkung Koevolution. Das Resultat einer lang anhaltenden Koevolution ist, dass sich zwischen Parasit und Wirt ein Gleichgewicht einstellt, wobei beide Partner überleben können. Bei invasiven parasitischen Neomyceten ist dieses Gleichgewicht meistens irgendwie gestört. Es ist kaum vorhersehbar, wie sich ein Parasit in einer neuen Umgebung verhalten wird. Im besten Fall hat der Parasit in der neuen Umgebung keine Überlebenschance. Im schlimmsten Fall springt er auf neue Wirtsorganismen über und tritt noch virulenter auf als im heimischen Gebiet. Solche Wirtssprünge (host jumps) werden häufig zwischen nahe verwandten Arten im heimischen und neu besiedelten Gebiet beobachtet. So schaffte es z. B. der für das Eschentriebsterben verantwortliche Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* von der aus Asien eingeführten Mandschurischen Esche (*Fraxinus mandshurica*) auf die nahe verwandte heimische Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) überzuspringen. Da sich die Gemeine Esche im Verlauf der Evolution nie an diesen neuen Pilz anpassen musste, besitzt sie keine spezifischen Abwehrmechanismen. Sie wird deshalb bei einem Befall schwer geschädigt.

Neomycet durchwächst Rinde und Wachstumszone (Kambium) der Kastanien und zerstört dabei Leitgefässe und Wachstumsgewebe, sodass die Bäume mit der Zeit absterben. Anfang des 20. Jahrhunderts war der Pilz mit Importen asiatischer Kastanien auch in die USA eingeschleppt worden, wo im Osten die Amerikanische Kastanie (*Castanea dentata*) heimisch ist (Abb. 5). Ihr gesamter Bestand von etwa vier Milliarden Bäumen wurde daraufhin binnen 40 Jahren

praktisch vollständig vom Kastanienrindenkrebs zerstört (JACOBS 2007). Die Amerikanische Kastanie ist heute gemäss der IUCN (International Union for the Conservation of Nature) vom Aussterben bedroht. Sie war einst ein dominanter Bestandteil der Wälder im Osten der USA. Heute sind nur noch Kleinstpopulationen und Stockaus schläge übriggeblieben. Dieser Totalausfall der Amerikanischen Kastanie hatte gravierende Konsequenzen für die

Holzindustrie, die lokale Bevölkerung und die Lebensräume. Mehrere mit der Amerikanischen Kastanie vergesellschaftete Arten sind stark zurückgegangen und das Aussterben einiger spezialisierter Mottenarten wird diskutiert (OPLER 1978). Glücklicherweise verlief die Krankheit in Europa und in der Schweiz dank eines ebenfalls aus Asien eingeschleppten Pilzvirus weit weniger dramatisch als in den USA. Dieses Pilzvirus lebt spezifisch im Kastanienrindenkrebs und vermag diesen zu schwächen. Mittlerweile wird das Pilzvirus erfolgreich zur biologischen Bekämpfung des Kastanienrindenkrebses eingesetzt, so dass sich Kastanien auch in der Nordschweiz momentan erholen. Aufgrund der höheren genetischen Diversität des Kastanienrindenkrebses in den USA wirkt das Virus dort wesentlich weniger stark (THOMPSON 2012).

Im Merkblatt für die Praxis 54 «Der Kastanienrindenkrebs. Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen» (RIGLING *et al.* 2014) ist die ganze Geschichte zum Kastanienrindenkrebs beschrieben.

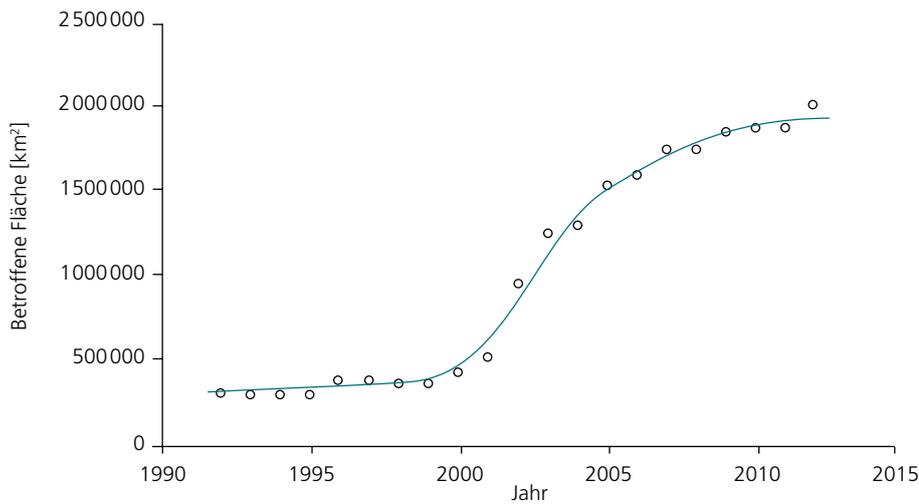


Abb. 4. Die Ausbreitung des Eschentriebsterbens in Europa ist zweigeteilt in eine Anlaufphase und eine exponentielle Wachstumsphase (nach GROSS *et al.* 2014). Die Punkte zeigen die insgesamt befallene Fläche zu einem bestimmten Zeitpunkt.



Abb. 5. Dieses 1910 in den Great Smoky Mountains aufgenommene Foto zeigt die einstige Pracht der Amerikanischen Kastanie (*Castanea dentata*). Ihre Bestände wurden durch den Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) praktisch vollständig vernichtet. Foto: Forest History Society, Durham, North Carolina

Forschungsbedarf und weitere Neomyceten

Die meisten Neomyceten schaden dem Menschen nur indirekt (z. B. Ausfall von Baumarten für die Holzgewinnung, Verminderung der Kastanienenernte usw.). Doch auch dies kann dramatische Folgen haben. Die Kartoffelfäule (*Phytophthora infestans*) verursachte Mitte des 19. Jahrhunderts eine Hungersnot, die über einer Million Menschen in Europa das Leben kostete. Aktuell sorgt die schimmelpilzähnliche *Fusarium oxysporum*-Rasse TR4 (Tropical Race 4) in vielen tropischen Gebieten der Welt für drastische Ernteaufälle bei der am weitesten verbreiteten Bananensorte «Cavendish» und bedroht die globale Bananenproduktion. Direkte negative Auswirkungen von neu eingeschleppten Arten auf den Menschen sind selten. Es gibt wenig gebietsfremde Arten, die für den Menschen giftig sind. Mit dem Parfümierten Trichterling (*Paralepistopsis amoenolens*) ist ein gefährlicher Giftpilz aus dem Mittelmeergebiet auf unbekanntem Weg in die Schweiz gelangt (Abb. 6). Gewisse heimische Speisepilzarten wurden wegen ihrer grossen Ähnlichkeit mit diesem Giftpilz von der Spei-



Abb. 6. Der Parfümierte Trichterling (*Paralepistopsis amoenolens*) ist ein für den Menschen sehr giftiger Neomycet, welcher auf unbekanntem Weg in die Schweiz gelangt ist.



Abb. 7. Der Goldruten-Rost (*Coleosporium solidaginis*) ist ein Neomycet auf eingeschleppten amerikanischen Goldruten, der in der Schweiz eine Wirtspflanzenerweiterung auf die heimische Echte Goldrute (*Solidago virgaurea*) vollzogen hat. Sein Gefährdungspotenzial für die heimische Art ist unbekannt.



Abb. 8. Der Holunder-Mehltau (*Erysiphe vanbruntiana*) kommt häufig in natürlichen Lebensräumen vor und steigt als einer der wenigen Neomyceten auch in höhere Lagen der Alpen.



Abb. 9. Der Elfenbeintrichterling (*Suillus placidus*) wurde mit Strobepflanzgut aus Nordamerika in die Schweiz eingeschleppt. Es ist unklar, ob er heimische Mykorrhizapilze der Arve verdrängt.



Abb. 10. Der Tintenfischpilz (*Clathrus archeri*) ernährt sich von toter organischer Streu. Ob er andere streuabbauende Pilze durch Konkurrenz verdrängen kann, wurde nie wissenschaftlich untersucht.

sepilzliste der Vereinigung amtlicher Pilzkontrollorgane (VAPKO) der Schweiz gestrichen. Der Elfenbeintrichterling (*Suillus placidus*) ist einer der ganz wenigen eingeschleppten Speisepilze (siehe Abb. 9). Ausserdem besitzt *Cryptostroma corticale*, der an Ahorn-Arten die Russrindenkrankheit auslöst, für Menschen allergene Sporen und kann zu Erkrankungen der Lunge führen.

Im Gegensatz zu invasiven Neomyceten auf Bäumen weiss man wenig über das Gefährdungspotenzial von Neomyceten, die krautige Wildpflanzen oder Sträucher befallen. Eine solche Art ist der Goldruten-Rost (*Coleosporium solidaginis*; Abb. 7), der zusammen mit seiner Wirtspflanze, der Späten Goldrute (*Solidago gigantea*), aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt wurde (BEENKEN *et al.* 2017). Hier hat er sein Wirtspflanzenspektrum um die heimische Echte Goldrute (*Solidago virgaurea*) erweitert und ist besonders im Tessin schon weit verbreitet. Bei der lokal in Korea zu Speise- und Medizinalzwecken kultivierten *Solidago virgaurea* var. *gigantea* hat der Pilz zu grossen Ernteeinbussen geführt (BACK *et al.* 2014). Zu möglichen Auswirkungen auf die Bestände der heimischen Echten Goldrute ist derzeit noch nichts bekannt. Dies gilt auch für weitere Neomyceten wie den Holunder-Mehltau (*Erysiphe vanbruntiana*). Dieser Mehltau ist in natürlichen Lebensräumen bereits häufig anzutreffen und führt zu einer weisslichen Färbung der Blätter und Beeren des Roten Holunders (*Sambucus racemosa*; Abb. 8).

Eine weitere noch ungeklärte Frage ist, ob eingeschleppte Mykorrhizapilze möglicherweise einheimische Mykorrhizapilze verdrängen können. Der Elfenbeintrichterling (*Suillus placidus*) ist ursprünglich ein Begleiter von fünfnadeligen Kiefern in Nordamerika und kam wohl mit Pflanzgut von Übersee in die Schweiz (Abb. 9). Er ist im Gegensatz zu heimischen Mykorrhizapilzen der Arven besonders in vom Menschen geschaffenen Lebensräumen wie Parks mit gepflanzten Stoben (*Pinus strobus*) anzutreffen. Im Kanton Graubünden ist die Art allerdings auch im natürlichen Arvenhabitat bereits verbreitet. Ob sie heimische Mykorrhizapilze im Umfeld der Arve verdrängt, wie etwa den bedrohten und geschützten Arvenröhrling (*Suillus plorans*, Rote Liste Status «verletzlich»), ist

nicht bekannt. Auch bei vielen saprotrophen Arten wie dem Tintenfischpilz (*Clathrus archeri*; Abb. 10) oder dem Roten Gitterling (*Clathrus ruber*) ist bislang unklar, ob sie heimische Pilzarten verdrängen können.

Eine Gefahr geht von Neomyceten mit hybridogenem Ursprung aus. Das sind Neomyceten, die aus einer Kreuzung von Arten stammen, die ohne menschliche Verschleppung keinen geografischen Kontakt zueinander gehabt hätten. Diese neu entstandenen Hybridarten können sehr erfolgreich sein und teils völlig neue Wirtspflanzen infizieren (SANTINI *et al.* 2013). Ein Beispiel ist die Wurzelhalsfäule der Erlen, die durch *Phytophthora xalni* ausgelöst wird und in Teilen Europas zu einem Erlensterben entlang von Bächen und Flüssen geführt hat.

Neben all den negativen Einflüssen von Neomyceten gibt es auch Ansätze, diese für uns zu nutzen. So etwa bei der Bekämpfung von Neophyten. In Grossbritannien wurde ein aus dem Himalaya stammender artspezifischer Rostpilz (*Puccinia komarovii* var. *glanduliferae*) in der Natur freigesetzt, um damit das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) zu bekämpfen. Ob diese biologische Bekämpfungsmassnahme wirklich erfolgreich ist, wird sich zeigen.

Länder für Neomyceten besonders anfällig machen, sind nach SANTINI *et al.* (2013) eine hohe Bevölkerungsdichte und grosse Vielfalt an Lebensraumtypen mit vielen potenziellen Wirtspflanzen, ein grosses Importvolumen oder Neuanschluss an den Welthandel. Der weltweite Klimawandel könnte die Einschleppung gebietsfremder Pilze und die durch sie hervorgerufenen Schäden ver-

stärken (PAUTASSO *et al.* 2012). Dies aufgrund von erhöhtem abiotischem Stress der Wirtspflanzen durch extremere Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse (z. B. Trockenheit).

Jeder fünfte Neomycet gehört zu den Echten Mehltauen, die bedeutende Pflanzenschädlinge im Gartenbau und in der Landwirtschaft sind. Danach kommen die Lamellenpilze, die Falschen

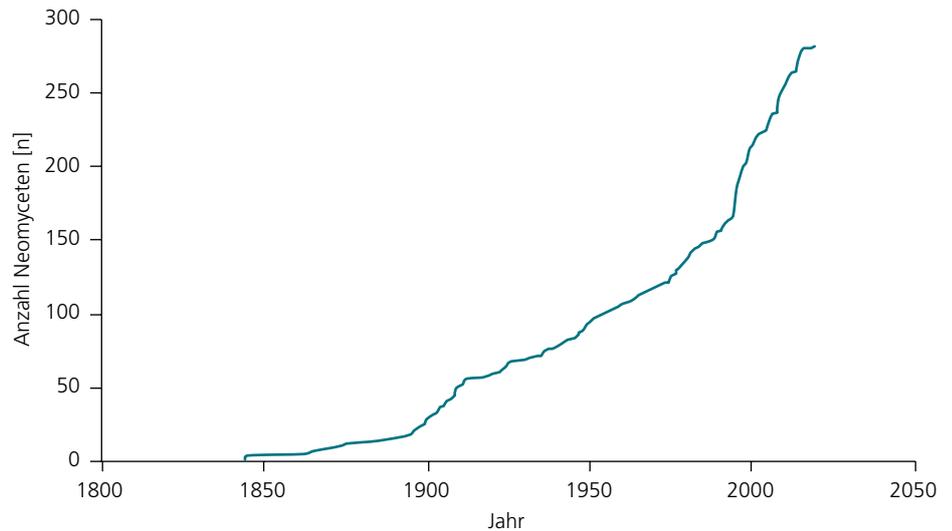


Abb. 11. Exponentieller Anstieg der Neomycetenzahl in der Schweiz von 1844 bis 2019 (nach BEENKEN und SENN-IRLET 2016).

Starke Zunahme der Neomyceten

Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts steigt die Anzahl Neomyceten stark und exponentiell an, was besonders auf den zunehmenden Handel mit lebenden Pflanzen zurückzuführen ist (Abb. 11). Der älteste bekannte Beleg eines Neomyceten in der Schweiz stammt vom Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*) aus dem Jahre 1844 (Abb. 12). Frühere Neomyceten lassen sich kaum nachweisen, da erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts begonnen wurde, Pilze systematisch zu erfassen. Für die Schweiz sind 298 verschiedene Neomycetenarten (ohne die meisten Tier- und Humanpathogene) bekannt (Stand 2021), von denen neunzehn Arten als invasiv gelten. Die tatsächliche Anzahl Neomyceten dürfte aber deutlich höher liegen, da zum Beispiel viele Kleinpilze nur schwer nachweisbar sind und es nur ganz wenige Fachleute gibt, die diese Pilze überhaupt bestimmen können. Faktoren, welche



Abb. 12. Erster bekannter Neomycet der Schweiz: der Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*).

Mehltaue, die Rostpilze und die Brandpilze. Der grosse Rest verteilt sich auf viele verschiedene Kleinpilzgruppen (Abb. 13).

Neomyceten sind (meistens) Parasiten. Über drei Viertel aller bekannten Neomyceten gehören zu den parasitischen Pilzen und wachsen somit auf anderen Pflanzen, denen sie Nährstoffe entziehen und sie häufig schädigen. Parasitische Pilze sind denn auch die Neomyceten mit dem grössten Schadenspotenzial. Knapp 20 Prozent der Neomyceten ernähren sich saprotroph von totem organischem Material. Die Mykorrhizapilze, die in Symbiose mit Pflanzen wachsen, sind mit lediglich 3,5 Prozent die seltenste Gruppe unter den Neomyceten (ausnahmslos Ektomykorrhiza; Abb. 14). Beispiele für Neomyceten der jeweiligen Lebensweise finden sich in Tabelle 4.

Neomyceten befallen besonders gebietsfremde Pflanzen. Das Wirtspflanzenspektrum der mit Pflanzen vergesellschafteten Neomyceten muss gesondert für die verschiedenen Lebensweisen betrachtet werden. Mykorrhizapilze unter den Neomyceten werden in der Regel zusammen mit ihrer Wirtspflanze aus dem Ausland in die Schweiz eingeschleppt und sind daher meistens auch mit gebietsfremden Pflanzen vergesellschaftet. Gewisse Pilze wie der Elfenbeinröhrling (*Suillus placidus*) springen aber auf nahe verwandte heimische Bäume wie die Arve über (siehe oben). Der Zedern-Sandborstling (*Geopora sumneriana*) hingegen wächst ausschliesslich mit Zedern zusammen, ein Wirtswechsel auf heimische Nadelbäume ist daher unwahrscheinlich.

Die meisten saprotrophen Neomyceten sind nicht nur auf eine einzige Pflanzenart beschränkt, sondern können verschiedene Arten besiedeln. So beispielsweise der Tintenfischpilz (*Clathrus archeri*), der generell auf toter organischer Streu zu finden ist. Es gibt jedoch auch Spezialisten unter den saprotrophen Neomyceten. Auf der Chinesischen Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) sind in der Schweiz 13 spezifische Neomyceten bekannt. Diese wurden wohl zusammen mit der Wirtspflanze eingeschleppt.

Parasitische Neomyceten zeigen häufig starke Wirtsspezifität. Daher ist es

Tab. 4. Beispiele für verschiedene Lebensweisen von Neomyceten.

Beispiele für Parasiten	Beispiele für saprotrophe Pilze	Beispiele für Mykorrhizapilze
Eschentriebsterben <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	Leuchtender Weichporling <i>Pycnoporellus fulgens</i>	Elfenbeinröhrling <i>Suillus placidus</i>
Kastanienrindenkrebs <i>Cryphonectria parasitica</i>	Tintenfischpilz <i>Clathrus archeri</i>	Zedern-Sandborstling <i>Geopora sumneriana</i>
Goldrutenrost <i>Coleosporium solidaginis</i>	Oranger Porenhelmling <i>Favolaschia calocera</i>	Dunkelsporiger Krempling <i>Paxillus obscurisporus</i>

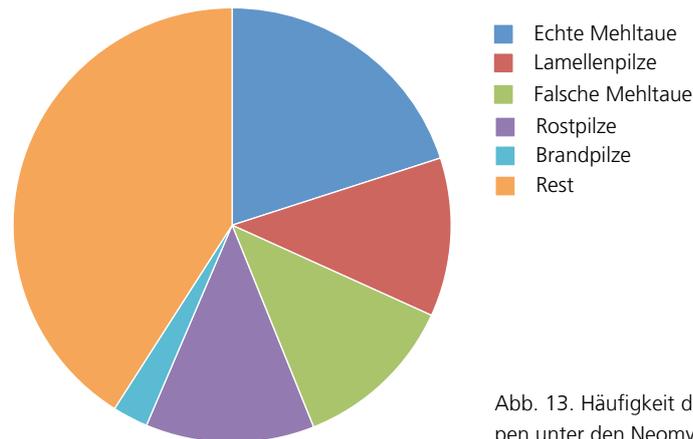


Abb. 13. Häufigkeit der verschiedenen Pilzgruppen unter den Neomyceten (Stand 2021).

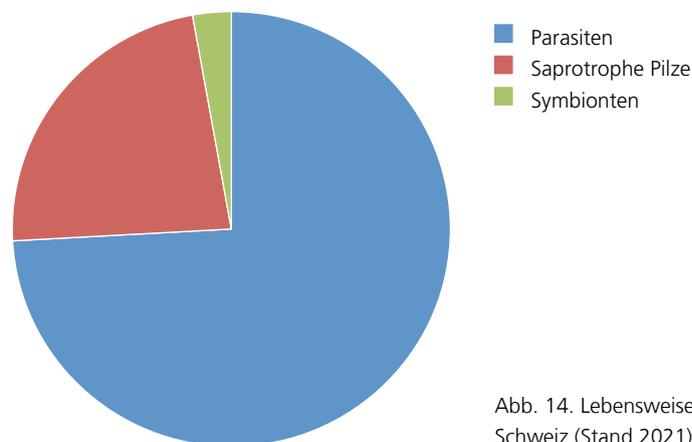


Abb. 14. Lebensweise der Neomyceten in der Schweiz (Stand 2021).

nicht weiter verwunderlich, dass etwa 75 Prozent dieser Neomyceten nur von gebietsfremden Pflanzen bekannt sind. Meistens werden sie mit ihren Wirtspflanzen eingeführt und bleiben auch im neuen Gebiet auf diese beschränkt. Dies gilt etwa für den Scheinerdbeeren-Rost (*Phragmidium mexicanum*) auf der Indischen Scheinerdbeere (*Potentilla indica*). Treten Neomyceten nur auf Zier-

pflanzen im Garten auf, stellen sie aus Naturschutz-Sicht kein Problem dar. Allerdings können – wie bereits erwähnt – parasitische Neomyceten auf neue Wirtspflanzen überspringen.

Viele Neomyceten bevorzugen tiefe und warme Lagen. Am meisten Funde von Neomyceten in der Schweiz sind aus dem Südtessin, der Genferseeregion und

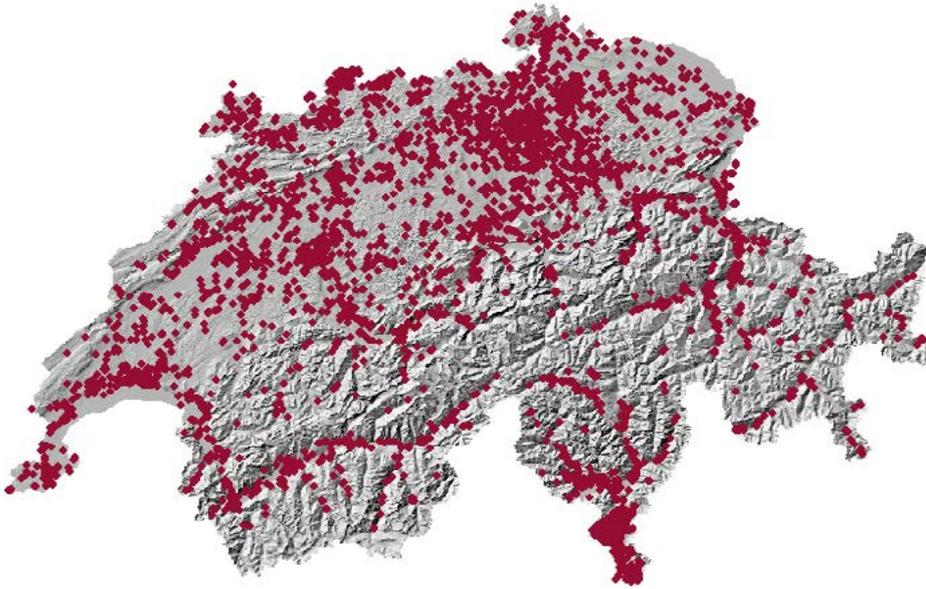


Abb. 15. Verteilung der Neomycetenfunde auf die Schweiz (Stand 2021).

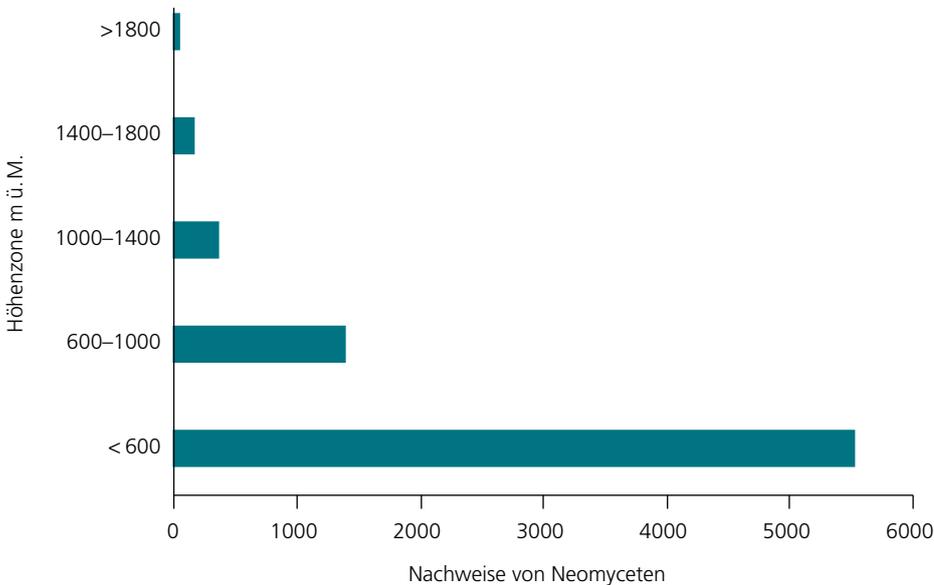


Abb. 16. Verteilung der Neomycetenfunde nach Höhenstufen in der Schweiz (Stand 2021).

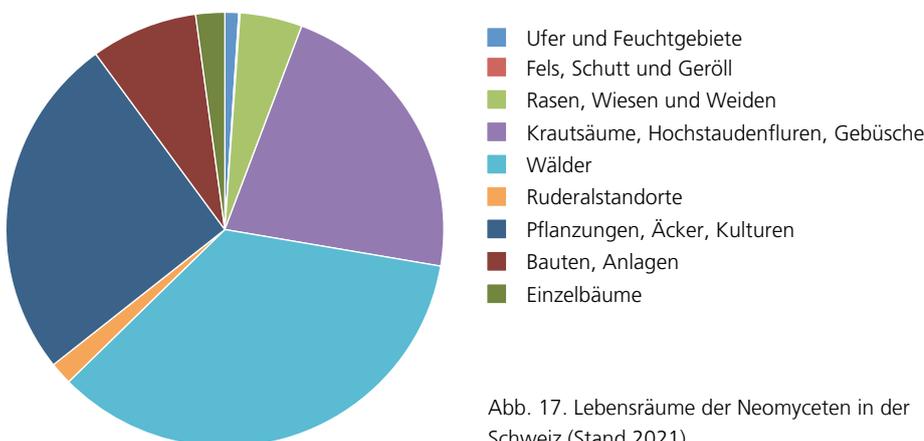


Abb. 17. Lebensräume der Neomyceten in der Schweiz (Stand 2021).

dem Grossraum Zürich bekannt. Es sind dies Regionen, die entweder klimatisch begünstigt sind oder Handelszentren darstellen (Abb. 15).

Neomyceten sind in tieferen und wärmeren Lagen der Schweiz wesentlich häufiger zu finden als in den höheren Lagen der Alpen (Abb. 16). Knapp 80 Prozent aller Nachweise wurden unterhalb von 600 m ü. M. erbracht und nur 1,1 Prozent auf über 1800 m ü. M. Die meisten Baumarten und Zierpflanzen, auf denen viele Neomyceten vorkommen, werden im Flachland kultiviert und sind wärmebedürftig, was die beschriebene Verbreitung von Neomyceten in der Schweiz gut erklärt. Als eine der ganz wenigen Arten steigt der Holunder-Mehltau (*Erysiphe vanbruntiana*) in den Alpen bis auf fast 2000 m ü. M.

Da die meisten Neomyceten mit gebietsfremden Pflanzen vergesellschaftet sind, zeigen sie auch ein gehäuftes Auftreten in stark vom Menschen beeinflussten Lebensräumen (z. B. Gärten und Parks; Abb. 17). Viele eingeschleppte Pilzarten sind deshalb auf städtische Gebiete beschränkt und dringen derzeit noch kaum in natürliche Lebensräume vor. Eine Ausnahme sind natürlich die invasiven Neomycetenarten.

Neomyceten und die Globalisierung

Die allermeisten Neomyceten sind direkt mit ihren Wirtspflanzen zusammen über den Pflanzenhandel eingeschleppt worden. Dies ist eine Folgeerscheinung des zunehmenden globalen Warenverkehrs. Einschleppungswege für Neomyceten sind besonders Baumschulen, Zierpflanzen-Gärtnereien, Verpackungen, Bau- und Möbelholz und der Mensch selbst, beispielsweise als Tourist (PAUTASSO *et al.* 2010).

Die Herkunft von etwa einem Viertel aller Neomyceten der Schweiz ist noch unbekannt. Ungefähr ein Drittel stammt aus Nordamerika und ein Fünftel aus Asien. Etwa 15 Prozent kommen ursprünglich aus dem Mittelmeergebiet. Nur wenige Neomyceten stammen aus Gebieten wie Südamerika, Australien, Südafrika usw. (Abb. 18). Da viele Neomyceten oftmals eng mit ihren Wirtspflanzen vergesellschaftet sind, widerspiegelt diese Verteilung zu einem

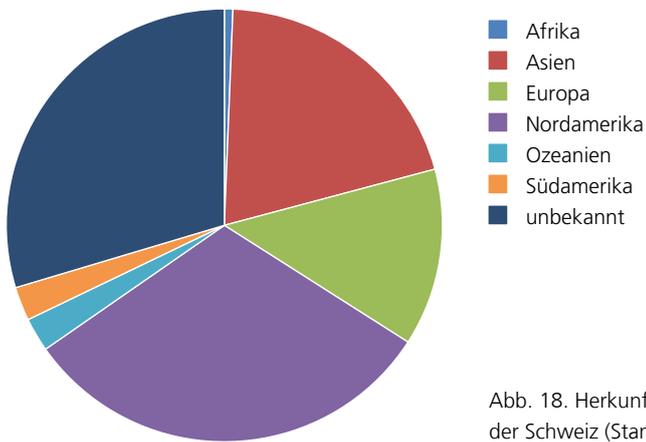


Abb. 18. Herkunftsgebiete der Neomyces in der Schweiz (Stand 2021).



Abb. 19. Orangeroter Porenhelmling (*Favolaschia calocera*) ist ein tropischer Holzpilz, der via Seehandel nach Europa gelangt ist.

grossen Teil, woher Baumpflanzgut und Zierpflanzen importiert werden.

Bevor sie die Schweiz erreicht haben, wurden mehrere Neomyces zuerst in ein anderes europäisches Land eingeschleppt. Von dort haben sie sich über Sporenflug in die Schweiz ausgebreitet. Dies zeigt etwa das Beispiel des Eschentriebsterbens (siehe «Wieso konnte die Einschleppung des Eschentriebsterbens nach Europa nicht verhindert werden?»).

Seit 2015 ist ein tropischer Holzpilz namens Orangeroter Porenhelmling (*Favolaschia calocera*; Abb. 19) aus dem Tessin bekannt. Dieser Neomyces breitet sich in den Tropen vielerorts stark aus (VIZZINI *et al.* 2009). Für diesen Pilz ist der Einschleppungspfad in die Schweiz gut bekannt. Er ist mit Holzimporten aus Neuseeland, wo er ebenfalls nicht heimisch ist, zuerst in den Hafen von Genua in Italien gelangt. Von dort aus hat er sich anschliessend natürlicherweise über Sporen bis ins Tessin ausgebreitet. Die Etablierung im Tessin könnte durch den Klimawandel ermöglicht worden sein (VIZZINI *et al.* 2009).

Massnahmen gegen Neomyces

Prioritär bei der Bekämpfung von Neomyces ist die Prävention, also die Verhinderung der Einschleppung. Hat sich ein Neomyces erst einmal etabliert, ist jegliche weitere Bekämpfung schwierig

Tab. 5. Zusammenstellung von Präventionsmassnahmen gegen die Einschleppung von Neomyces.

Massnahme	Beschreibung
Erstellung von Listen	Listen mit bekannten und potenziell invasiven Neomyces, zum Beispiel Alert List der Europäischen Pflanzenschutzorganisation EPPO oder Liste der Quarantäneorganismen in den zwei Verordnungen zum Pflanzenschutz in der Schweiz (PSV oder PGesV-WBF-UVEK)
Infektionsversuche	Heimische Baumarten gezielt mit bekannten, fremden Pilzen infizieren, mit dem Ziel herauszufinden, welche Pilzarten Gefahrenpotenzial besitzen.
Wächterpflanzen «Sentinel plants»	Frühwarnsystem mit sogenannten Wächterpflanzen: Bei uns heimische Baumarten werden auf anderen Kontinenten im Freien gepflanzt, mit dem Ziel herauszufinden, welche nicht-heimischen, allenfalls noch unbekannt Pilze heimische Bäume befallen könnten.
Einfuhrbeschränkungen	Restriktivere Bestimmungen für den Warenverkehr, da die aktuelle Gesetzeslage die Einfuhr von invasiven Neomyces nicht verhindern kann: <ul style="list-style-type: none"> – nur noch Einfuhr von behandeltem Pflanzenmaterial (z. B. Fungizide, Wärme) – keine Einfuhr von unbehandeltem Holz/Rinde (Gefässkrankheiten wie Ulmenwelke) oder eingetopften Pflanzen (z. B. <i>Phytophthora</i> spp.)
Genetische Überwachung	Eingeführte Pflanzen könnten mittels genetischer Methoden auf bekannte problematische Neomyces untersucht werden.

oder gar unmöglich. Nur sehr selten sind spezifische Bekämpfungsmassnahmen wie etwa beim Kastanienrindenkrebs bekannt. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über Präventionsmassnahmen (SIEBER *et al.* 2014; SANTINI *et al.* 2013; QUÉLOZ *et al.* 2018).

Wird dennoch ein neuer Pilz eingeschleppt, ist die Früherkennung wichtig, da man einen räumlich eingeschränkten Befallsherd anfangs noch am ehesten bekämpfen kann. Besonders wichtige Akteure sind dabei die Förster, Waldschutz Schweiz sowie Baumschulen und Gärtnereien, über die besonders viele Neomyceten eingeschleppt werden. Besonders müsste die Früherkennung im städtischen Raum verbessert werden, da viele Neomyceten zuerst in Städten und erst später im Umland auftreten. Sobald ein invasiver Neomycet in natürlichen Lebensräumen wie im Wald auftritt, ist eine Bekämpfung schwierig. So dürfen Fungizide im Schweizer Wald nicht eingesetzt werden.

Wieso konnte die Einschleppung des Eschentriebsterbens nach Europa nicht verhindert werden?

Das wohl mit der Mandschurischen Esche als Zierbaum eingeschleppte Falsche Weisse Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) war vor seinem Auftreten als Eschenschädling in Europa für die Wissenschaft unbekannt. Laut Berechnungen trifft dies auf bis zu 93 Prozent der weltweit vorkommenden Pilzarten zu. Diese riesige unbekannt Vielfalt, unter der sich auch viele potenzielle Schädlinge verstecken, stellt die Pflanzenschutzdienste vor grosse Herausforderungen. Was man noch nicht kennt, hat man als potenziellen Schädling auch nicht auf dem Radar. Kommt hinzu, dass viele potenzielle Schädlinge auf ihren heimischen Wirtspflanzen unproblematisch sind. Sie leben im lebendigen Pflanzengewebe sogenannt «endophytisch» ohne Symptome zu verursachen, oder sie haben eine lange Latenzzeit, in der sie für uns Menschen unsichtbar sind. Symptome des Eschentriebsterbens wurden 1992 in Polen zum ersten Mal in Europa beobachtet und erst 2006 konnte man den Erreger identifizieren und neu für die Wissenschaft beschreiben. Auf der Mandschurischen Esche verursacht dieser Pilz kaum Symptome und gelangte dadurch wohl als «blinder Passagier» über Jungpflanzen nach Europa. Die Pilzkrankheit verbreitete sich danach rasant via Sporen über die Luft, ohne sich an Ländergrenzen zu halten. Die aktuelle Gesetzeslage vermochte die Einschleppung des Falschen Weissen Stängelbecherchens nicht zu verhindern. Deshalb spielen auch Reglementierungen des internationalen Pflanzenhandels eine wichtige Rolle bei der Verhinderung weiterer Einschleppungen.

Literaturverzeichnis

- BACK, C.-G.; NAM, G.-Y.; LEE, S.-Y.; JUNG, H.-Y., 2014: Outbreak of Rust Caused by *Coleosporium asterum* on *Solidago virgaurea* var. *gigantea* in Ulleung-do. *Mycobiology* 42, 1: 79–81.
- BEENKEN, L.; SENN-IRLET, B., 2016: Neomyceten in der Schweiz. Stand des Wissens und Abschätzung des Schadpotenzials der mit Pflanzen assoziierten gebietsfremden Pilze. *WSL Ber.* 50: 92 S.
- BEENKEN, L.; LUTZ, M.; SCHOLLER, M., 2017: DNA barcoding and phylogenetic analyses of the genus *Coleosporium* (Pucciniales) reveal that the North American goldenrod rust *C. solidaginis* is a neomycete on introduced and native *Solidago* species in Europe. *Mycol. Prog.* 16: 1073–1085.
- GROSS, A.; HOLDENRIEDER, O.; PAUTASSO, M.; QUÉLOZ, V.; SIEBER, T.N., 2014: *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Mol. Plant Pathol.* 15, 1: 5–21.
- JACOBS, D.F., 2007: Toward development of silvical strategies for forest restoration of American chestnut (*Castanea dentata*) using blight-resistant hybrids. *Biol. Conserv.* 137: 497–506.
- MARTEL, A.; SPITZEN-VAN DER SLUIJS, A.; BLOOI, M.; BERT, W.; DUCATELLE, R.; FISHER, M.C.; WOELTJES, A.; BOSMAN, W.; CHIERS, K.; BOSSUYT, F.; PASMANS, F., 2013: *Batrachomyces salmoneus* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110: 15325–15329.
- OPLER, P.A., 1978: Insects of American Chestnut: Possible Importance and Conservation Concern. In: MacDonald, W.L.; Cech, F.C.; Luchok, J.; Smith, C. *Proceedings of the American chestnut symposium*. Morgantown, West Virginia: West Virginia University Press. 83–85.
- PAUTASSO, M.; DEHNEN-SCHMUTZ, K.; HOLDENRIEDER, O.; PIETRAVALLE, S.; SALAMA, N.; JEGGER, M.; LANGE, E.; HEHL-LANGE, S., 2010: Plant health and global change – some implications for landscape management. *Biol. Rev.* 85: 729–755.
- PAUTASSO, M.; DÖRING, T.; GARBELOTTO, M.; PELLIS, L.; JEGGER, M., 2012: Impacts of climate change on plant diseases – opinions and trends. *Eur. J. Plant. Pathol.* 133: 295–313.
- QUÉLOZ, V.; GROSS, A.; HÖLLING, D.; THERESE, P.; PROSPERO, S.; SIEBER, T.N., 2018: Waldschutz, wohin? *Schweiz. Z. Forstwes.* 169: 175–182.
- RIGLING, D.; SCHÜTZ-BRYNER, S.; HEINIGER, U.; PROSPERO, S., 2014: Der Kastanienrindenkrebs. *Schadssymptome, Biologie und Gegenmassnahmen*. *Merkbl. Prax.* 54: 8 S.
- RIGLING, D.; HILFIKER, S.; SCHÖBEL, C.; MEIER, F.; ENGESSE, R.; SCHEIDEGGER, C.; STOFER, S.; SENN-IRLET, B.; QUELOZ, V., 2016: Das Eschentriebsterben. *Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen*. *Merkbl. Prax.* 57: 8 S.
- SANTINI, A.; GHELARDINI, L.; DE PACE, C.; DESPREZ-LOUSTAU, M.L.; CAPRETTI, P.; CHANDELLIER, A.; CECH, T.; CHIRA, D.; DIAMANDIS, S.; GAITNIEKIS, T.; HANTULA, J.; HOLDENRIEDER, O.; JANKOVSKY, L.; JUNG, T.; JURC, D.; KIRISITS, T.; KUNCA, A.; LYGIS, V.; MALECKA, M.; MARCAIS, B.; SCHMITZ, S.; SCHUMACHER, J.; SOLHEIM, H.; SOLLA, A.; SZABÓ, I.; TSOPELAS, P.; VANNINI, A.; VETTRAIANO, A.M.; WEBBER, J.; S. WOODWARD STENLID, J., 2013: Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytol.* 197: 238–250.
- SIEBER, T.N., 2014: Neomyzeten – eine anhaltende Bedrohung für den Schweizer Wald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 165: 173–182.
- THOMPSON, H., 2012: The chestnut resurrection. *Nature* 490: 22–23.
- VIZZINI, A.; ZOTTI, M.; MELLO, A., 2009: Alien fungal species distribution: the study case of *Favolaschia calocera*. *Biol. Invasions* 11: 417–429.

Weiterführende Information

SwissFungi



CABI Centre for Agriculture and Biosciences International



Waldschutz Schweiz WSS



EPPO European and Mediterranean Plant Protection Organization



Neomycetenwebseite von SwissFungi



Online-Diagnosetool Waldschutz Schweiz WSS



Kontakt

Jonas Brännhage, Andrin Gross und Ludwig Beenken
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
jonas.braennhage@wsl.ch
andrin.gross@wsl.ch
ludwig.beenken@wsl.ch

Fotos

Katia Balmelli (Abb. 1 *Favolaschia calocera*), Ludwig Beenken (Abb. 1 *Erysiphe alphitoides*, 2 rechts, 3, 7, 8, 12), Max Danz (Abb. 1 *Clathrus ruber* und *Suillus placidus*, 9), Paul Gerber (Abb. 19), Edwin Jörg (Abb. 2 links), Reinhard Lässig (Abb. 2 Mitte), Francis Meigniez (Abb. 6), Markus Wilhelm (Abb. 10)

Zitierung

Brännhage, J.; Beenken, L.; Gross, A., 2021: Eingeschleppte Pilze in der Schweiz. Merkbl. Prax. 69.12 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentratoren und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe **Notice pour le praticien** (ISSN 1012-6554). Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914).

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)

- Nr. 68: Den Waldboden verstehen – Vielfalt und Funktion der Waldböden in der Schweiz. M. WALSER *et al.* 2021. 12 S.
- Nr. 67: Natürliche Feinde von Borkenkäfern. B. WERMELINGER *et al.* 2021. 12 S.
- Nr. 66: Der Götterbaum in Schweizer Wäldern – Ökologie und Managementoptionen. S. KNÜSEL *et al.* 2020. 12 S.
- Nr. 65: Feuerökologie montaner Buchenwälder. Waldleistungen und waldbauliche Massnahmen nach Waldbrand. J. MARINGER *et al.* 2020. 12 S.
- Nr. 64: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. R. BÜTLER *et al.* 2019. 12 S.
- Nr. 63: Die Roten Waldameisen – Biologie und Verbreitung in der Schweiz. B. WERMELINGER *et al.* 2019. 12 S.
- Nr. 62: Verbissprozent – eine Kontrollgrösse im Wildmanagement. O. ODERMATT 2018. 62: 8 S.
- Nr. 61: Zyklen und Bedeutung des Lärchenwicklers. B. Wermelinger *et al.* 2018. 12 S.
- Nr. 60: Der Waldboden lebt – Vielfalt und Funktion der Bodenlebewesen. M. Walser *et al.* 2018. 12 S.

Managing Editor

Martin Moritzi
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/merkblatt

Die WSL ist ein Forschungsinstitut des ETH-Bereichs.

Layout: Jacqueline Annen, WSL

Druck: Rüegg Media AG

