

Nadel- und Triebkrankheiten der Föhre

Vivanne Dubach, Valentin Queloz und Sophie Stroheker



Föhren gehören in der Schweiz vielerorts zum Waldbild (siehe Abb. 4). In den letzten Jahren gerieten sie zunehmend unter Druck, nicht zuletzt durch neue Pilzkrankheiten aus dem Ausland. Nadel- und Triebkrankheiten spielen bei der Föhre eine grosse Rolle. Waldschutz Schweiz dokumentiert seit 1984 Krankheiten von Schweizer Baumarten.

Wenn sich das Erscheinungsbild (Habitus) einer befallenen Föhre ändert, fällt sie auf. Nadel- und Triebkrankheiten sind gut sichtbar und verändern damit leicht den Habitus. Gerade an Föhren gibt es viele solche Krankheiten, auch im Vergleich mit anderen Nadelbäumen wie Fichte (*Picea abies*) und Tanne (*Abies alba*). Erkennbar wird das auch in der vergleichsweisen grösseren Aufmerksamkeit, die der Föhre sowohl in der Forschung, als auch in der Beratungstätigkeit von Waldschutz Schweiz gewidmet wird.

Nadelkrankheiten verändern allerdings nicht nur den Habitus, sie können den Baum auch schwächen und damit seine Anfälligkeit gegenüber anderen biotischen und abiotischen Einflüssen erhöhen. Umgekehrt machen biotische und abiotische Stressfaktoren einen Baum für eine Infektion mit einer Nadelkrankheit anfällig: Die Infektion geschieht leichter, je geschwächer der Baum ist. Beispiele von abiotischen Stressfaktoren sind Trockenheit, Hagel oder plötzliche Staunässe. Ein Beispiel für einen biotischen Schadeinfluss ist die Infektion mit einem Wurzelpathogen wie dem Hallimasch, auf den gerade die Waldföhre recht anfällig ist (NIERHAUS-WUNDERWALD *et al.* 2012).

Abb. 1. Ausgewachsene Waldföhre (*Pinus sylvestris*) mit gesundem Habitus.
Zeichnung: Vivanne Dubach.

Bedeutung von Nadel- und Triebkrankheiten an Föhren

Föhren machen etwa 4,7 Prozent vom Schweizer Wald aus (Stammzahl LFI4; ABEGG *et al.* 2020). Am häufigsten ist laut dem vierten Schweizer Landesforstinventar die Waldföhre (*Pinus sylvestris*) mit 2,3 Prozent schweizweitem Waldanteil. Danach folgen Bergföhre (*Pinus mugo*, 1,2 %), Arve (*Pinus cembra*, 1,2 %), Schwarzföhre (*Pinus nigra*, 0,04 %) und weitere, nicht einheimische Föhrenarten (0,01 %).

Die Föhre ist eine Pionierbaumart. In tieferen Lagen verschwindet sie aufgrund ihrer Lichtbedürftigkeit im Laufe der Waldentwicklung ohne aktive Förderung meist aus dem Bestand. Häufig sind Föhren beigemischt oder auf trockene, flachgründige oder sehr feuchte Extremstandorte verdrängt (ETH 1995). Gerade Waldföhre, Bergföhre und Arve behaupten sich auf schwierigen Standorten. In manchen Gebieten sind Föhren auch bestandesbildend (z. B. Arvenwälder der subalpinen Stufe, Hochmoore mit Bergföhren) und dementsprechend zentral für die Bereitstellung der Waldfunktionen (z. B. Schutz vor Steinschlag und Bodenerosion).

Seit einigen Jahren erkranken Föhren in der Schweiz zunehmend an zwei «neuen» Nadelkrankheiten: der Rotbandkrankheit, verursacht durch *Dothistroma septosporum* und *Dothistroma pini*, und der Braunfleckenkrankheit, verursacht durch *Lecanosticta acicola*. Da beide Krankheiten bei Föhren grossen Schaden verursachen können, waren sie als besonders gefährliche Schadorganismen (BgSO) eingestuft. Seit 2020 gelten sie als geregelte Nicht-Quarantäneorganismen (GNQO; PGesV-WBF-UVEK, SR 916.201). Um das Schadpotenzial und die Verbreitung der Neuankömmlinge im Auge zu behalten, beobachtet Waldschutz Schweiz die Krankheiten seit 2009 aktiv. Im Zuge dieser Monitoringaktivitäten kam es zu zahlreichen Nachweisen auch anderer Nadelkrankheiten.

Dieses Merkblatt schöpft aus den reichen Beobachtungen, die seit 1984 von Waldschutz Schweiz gemacht wurden. Vorgestellt werden die Erreger der häufigsten Nadel- und Triebkrankheiten an Föhren in der Schweiz (Tab. 1). Die Physiologische Nadelschütte, die oft bei Waldschutz Schweiz gemeldet und mit Krankheiten verwechselt wird, ist ein natürlicher Prozess infolge der Nadelalterung, die jede Nadel durchläuft. Da

es sich nicht um eine Krankheit handelt, erscheint sie nicht in der Liste. Weiter hinten im Merkblatt ist sie jedoch beschrieben.

Die häufigsten Nadel- und Triebkrankheiten an Föhren in der Schweiz

Aufzeichnungen von Waldschutz Schweiz seit 1984 zeigen, dass die *Lophodermium*-Föhrenschütten (*L. seditiosum* und *L. pinastri*) zu den am häufigsten registrierten Nadel- und Triebkrankheiten zählen (Abb. 2a). Drei weitere Pilze sind in der Datenbank ebenfalls sehr stark vertreten. Die Erreger der Braunflecken- (*Lecanosticta acicola*) und der Rotbandkrankheit (*Dothistroma* spp.) sind aufgrund ihres Schadpotenzials seit 2009 in den Fokus gerückt (DUBACH *et al.* 2018). Die Datenlage wurde dadurch selektiv stark verbessert, wie auch der Vergleich mit der Situation vor 2009 zeigt (Abb. 2b). Dieser Vergleich zeigt, dass es nach den entsprechenden Erstfunden nur sehr wenige Meldungen zur Rotband- und Braunfleckenkrankheit gab. Erst durch die Aufnahme der aktiven Beobachtung durch Waldschutz Schweiz verbesserte sich die Datenlage

Tab. 1. Zusammenstellung der wichtigsten Nadel- und Triebkrankheiten an Föhren in der Schweiz.

Name (wiss.)	Synonyme	Name (deutsch)	Am häufigsten betroffenes Baumorgan
<i>Cenangium ferruginosum</i>	<i>C. abietis</i>	<i>Cenangium</i> -Triebsterben, Triebschwinden der Kiefer	Trieb
<i>Cronartium pini</i>	<i>C. flaccidum</i> , <i>C. asclepiadeum</i>	Kiefern-rindenblasenrost	Trieb
<i>Cyclaneusma minus</i>	<i>Naemacyclus minor</i>	Helles Kiefernadel-Polsterbecherchen	Nadel
<i>Coleosporium</i> spp.		<i>Coleosporium</i> -Kiefernadelrost	Nadel
<i>Diplodia sapinea</i>	<i>Sphaeropsis sapinea</i>	Föhrentriebsterben	Trieb
<i>Dothistroma</i> spp. (<i>D. septosporum</i> , <i>D. pini</i>)	Für <i>D. septosporum</i> : <i>Scirrhia pini</i>	Rotbandkrankheit	Nadel
<i>Gremmeniella abietina</i>	<i>Ascocalyx abietina</i> , <i>Scleroderris abietina</i>	<i>Scleroderris</i> -Triebsterben	Nadel und Trieb
<i>Herpotrichia pinetorum</i>	<i>H. juniperi</i>	Schwarzer Schneeschimmel	Nadel und Trieb
<i>Lecanosticta acicola</i>		Braunfleckenkrankheit	Nadel
<i>Lophodermella conjuncta</i>		Falsche Schwedische Nadelschütte der Föhre	Nadel
<i>Lophodermella sulcigena</i>		Schwedische Nadelschütte der Föhre	Nadel
<i>Lophodermium pinastri</i>		Kiefernspaltlippe	Nadel
<i>Lophodermium seditiosum</i>		Föhrenschütte	Nadel
<i>Gremmenia infestans</i>	<i>Phacidium infestans</i>	Weisser Schneeschimmel, Arvenschneepilz	Nadel und Trieb
<i>Sydowia polyspora</i>	<i>Sclerophoma pithyophila</i> , <i>Phoma pithyophila</i> , <i>Dothidea polyspora</i> , <i>Hormonema dematioides</i>		Nadel, Trieb und Holz

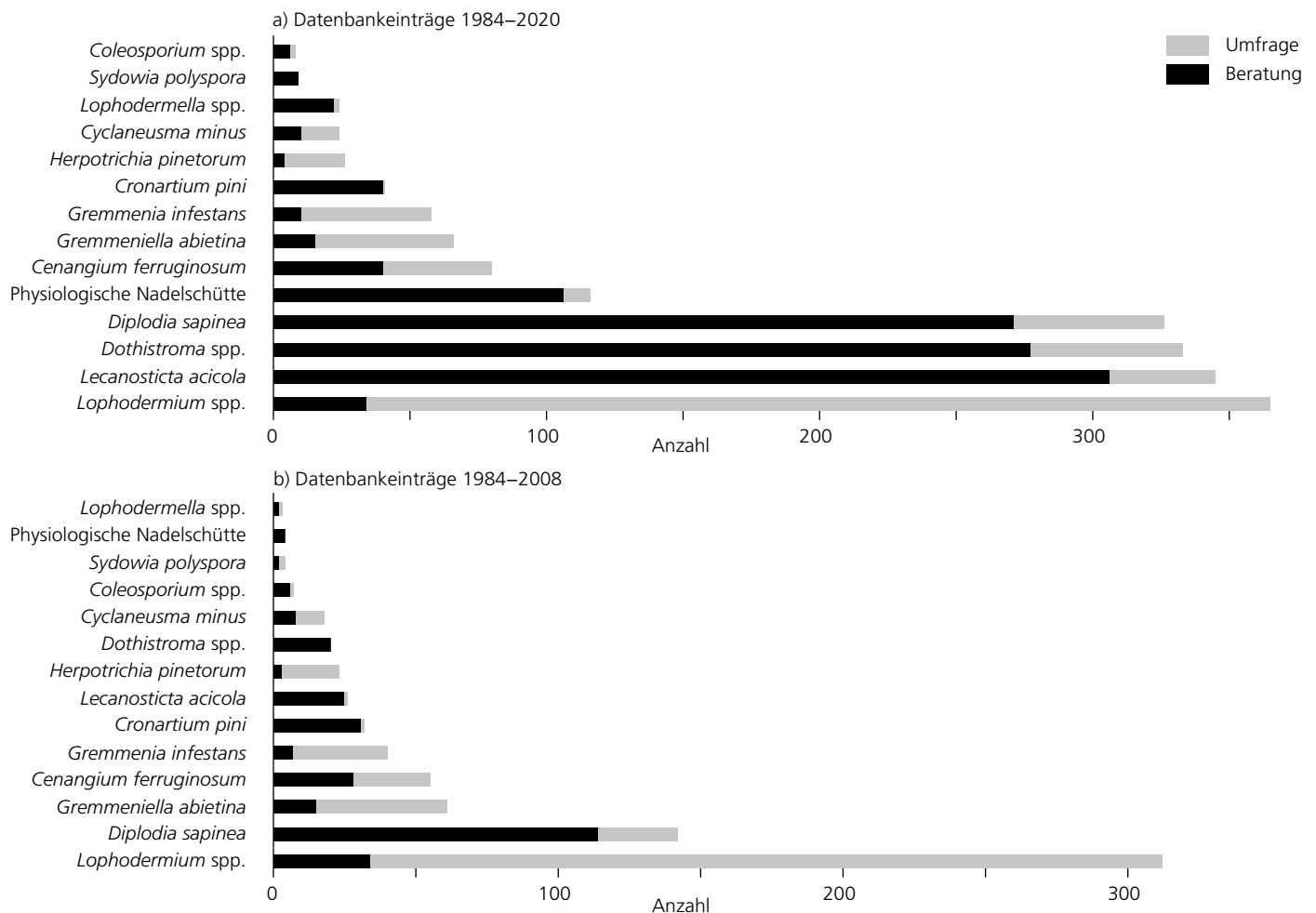


Abb. 2. Auswertung der Waldschutz Schweiz Datenbank (1984–2020) zum Thema Nadel- und Triebkrankheiten der Föhre. a) Zeitspanne von 1984 bis 2020. b) Zeitspanne von 1984 bis 2009. Berücksichtigt wurden alle Kategorien einheimischer Föhrenarten: Waldföhre (*Pinus sylvestris*), Bergföhre (*P. mugo*), Schwarzföhre (*P. nigra*) und Arve (*P. cembra*) sowie Föhre allgemein (falls keine genaueren Angaben zur Baumart gemacht werden konnten). Beratung: alle Funde, die durch Mitarbeitende von Waldschutz Schweiz entweder in der Beratung oder als eigene Beobachtungen eingetragen wurden. Umfrage: Daten aus der jährlichen Waldschutzumfrage sowie spontane Meldungen aus der Forst- und der Grünen Branche zusammengefasst.

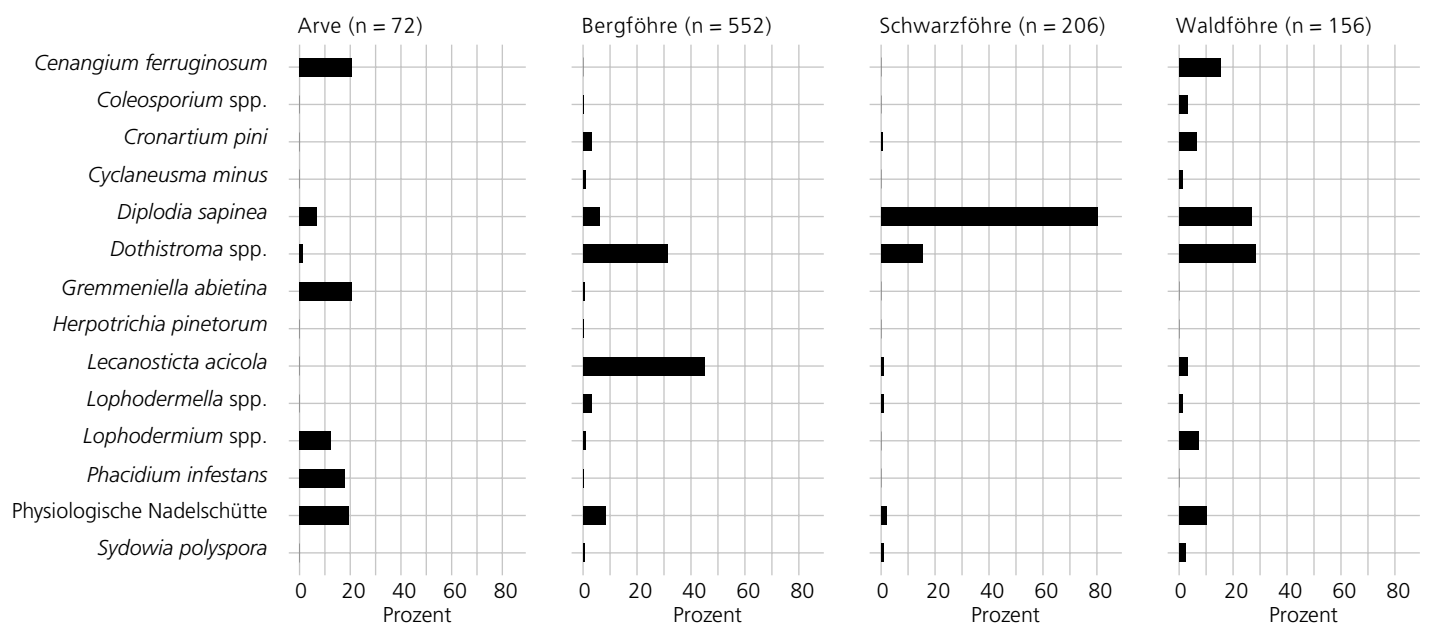


Abb. 3. Verteilung der am häufigsten festgestellten Nadel- und Triebkrankheiten auf die verschiedenen Föhrenarten. Berücksichtigt wurden für diese Auswertungen nur die in diesem Merkblatt beschriebenen Pathogene. Daten, bei denen die Föhrenart nicht genau angegeben war sowie Daten aus der Umfrage wurden für diesen Teil nicht mehr mit einbezogen. n = Anzahl der Datenbankeinträge.

und damit das Wissen über diese beiden gefährlichen Pilze. Ausserdem zeigt sich, dass auch Funde des Föhrentriebsterben (*Diplodia sapinea*) durch dieses Monitoring zunehmen. Seine auffälligen Symptome wurden im Zuge der aktiven Suche häufig festgestellt.

Die häufigsten Pilze der verschiedenen Föhrenarten

Auf Arvenadeln und Trieben wurde am häufigsten das *Cenangium*-Triebschwinden (*C. ferruginosum*) und das *Scleroderris*-Triebsterben (*Gremmeniella abietina*) festgestellt (Abb. 3, Arve). Ebenfalls häufig waren der Weisse Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) und die Physiologische Nadelschütte (natürliche Nadelalterung, keine Pilzkrankheit). Letzteres ist nicht erstaunlich, da jede

Nadel nach einigen Jahren abstirbt. So ist die Physiologische Nadelschütte im Prinzip auf jedem Baum präsent. Der Anteil von Schäden durch die Rotbandkrankheit (*Dothistroma* spp.) stammt durchwegs aus dem Siedlungsgebiet. Da Arven relativ dünne Nadeln haben, sind Symptome der Rotbandkrankheit teilweise weniger gut sichtbar. Die Entdeckung in Gärten ist damit wahrscheinlicher als im Wald. Die Braunfleckenkrankheit (*Lecanosticta acicola*) wurde bisher noch nicht an der Arve gefunden.

Von allen hier beschriebenen Föhrenarten ist die Bergföhre am stärksten von der Braunfleckenkrankheit betroffen (Abb. 3, Bergföhre). Zusammen mit der Rotbandkrankheit machen diese beiden eingeschleppten Krankheiten mehr als 75 Prozent der beobachteten Befälle an Bergföhre aus. Am dritthäufigsten trat

die Physiologische Nadelschütte auf. Bei der Schwarzföhre zeigen sich deutliche Unterschiede zu den anderen Föhrenarten (Abb. 3, Schwarzföhre); hier dominieren Schäden durch das *Diplodia*-Triebsterben (*D. sapinea*). Bereits deutlich weniger häufig tritt die Rotbandkrankheit auf. Alle weiteren hier beschriebenen Pathogene sind nur für einen kleinen Anteil der an Schwarzföhre gemeldeten Schadsymptome verantwortlich.

Auf der häufigsten Schweizer Föhrenart, der Waldföhre, ist die Rotbandkrankheit die am meisten verzeichnete Schadursache, dicht gefolgt vom *Diplodia*-Triebsterben (Abb. 3, Waldföhre). Ebenfalls häufig tritt das *Cenangium*-Triebschwinden an der Waldföhre in Erscheinung, sowie die Physiologische Nadelschütte.

Die häufigsten Föhren der Schweiz erkennen

Waldföhre (*Pinus sylvestris*)

- Vorkommen: Tiefland bis 1800, z. T. bis 2200 m ü. M. (Engadin, Wallis)
- Baumhöhe selten über 40 m
- Höchstalter: etwa 600 Jahre
- Borke: im oberen Kronenbereich orangebraun, in dünnen Schuppen abschälend; im unteren Stammbereich dunkler und schuppenartig aufreissend
- Nadeln: 2 pro Kurztrieb; 4–7 cm; je nach Standort mit einer Lebensdauer von 1–8 Jahren
- Zapfen: Zapfen im ersten Jahr abwärts gekrümmt; reife Zapfen stumpf bis kegelförmig, 3–7 cm lang, hängend

Bergföhre (*Pinus mugo*)

- Vorkommen: *P. mugo* ssp. *uncinata* von 600 bis 2350 m ü. M.; *P. mugo* ssp. *mugo* bis 2400 m ü. M.
- Baumhöhe *P. mugo* ssp. *uncinata* bis 25 m
- Höchstalter: *P. mugo* ssp. *uncinata* etwa 300 Jahre, *P. mugo* ssp. *mugo* etwa 100 Jahre
- Borke: graubraun, zuerst in dünnen Schuppen abschälend, dann in größeren Schuppen aufreissend
- Nadeln: 2 pro Kurztrieb; 3–4, selten bis 8 cm; je nach Standort mit einer Lebensdauer von 5–10 Jahren
- Zapfen: Zapfen im ersten Jahr nicht abwärts gekrümmt; reife Zapfen stumpf bis kegelförmig, 2–7 cm lang, fast sitzend, schief oder waagrecht absteehend, lange am Baum verbleibend



Abb. 4. Modellerte Verbreitungsgebiete von Schweizer Föhrenarten aus dem Projekt MoGLi (Modellierung Gehölzarten LFI), basierend auf Aufnahmen des Landesforstinventars LFI (WÜEST et al. 2021). Daten wurden auf Gemeindeebene aggregiert (B. A. Augustinus 2021). Die Schwarzföhre ist nicht Teil dieses Datensatzes, da sie kaum im Wald vorkommt.

Schwarzföhre (*Pinus nigra*)

- Vorkommen: Tiefland bis 2000 m ü. M.
- Baumhöhe bis 50 m
- Höchstalter etwa 500 Jahre
- Borke: hell bis dunkel graubraun, bis in die Krone mit gleicher Farbe; mit dem Alter stark in grobe Schuppen aufreissend
- Nadeln: 2 pro Kurztrieb; 8–16 cm lang; je nach Standort mit einer Lebensdauer von 4–8 Jahren; fallen zusammen mit der Nadelscheide ab
- Zapfen: Zapfen sehr kurz gestielt; junge Zapfen schräg aufrecht stehend, reifere in der Regel rechtwinklig absteehend; stumpf bis kegelförmig, 4–10 cm lang

Arve (*Pinus cembra*)

- Vorkommen: Tiefland bis 2600 m ü. M.
- Baumhöhe bis 25 m
- Höchstalter: etwa 600 Jahre
- Nadeln: 5 pro Kurztrieb; 5–12 cm lang, 3-kantig; je nach Standort mit einer Lebensdauer von 3–6 Jahren; Nadelscheide fällt im ersten Jahr ab
- Zapfen: Zapfen kurz gestielt, schief aufrecht oder absteehend; jung violett; eiförmig, 6–8 cm lang; fallen mit reifen Samen ab

Kurzportraits der Nadel- und Triebkrankheiten an Föhren

Lophodermium-Nadelschütten



Die Nadelschütte, hervorgerufen durch *Lophodermium seditiosum*, verursacht ein massenweises, vorzeitiges Abfallen von Nadeln und Kurztrieben von Föhren. Infizierte Nadeln werden bis im Frühsommer geschüttet, infizierte Kurztriebe werden über das ganze Jahr abgeworfen. Nicht zu verwechseln sind diese Symptome mit dem Nadelverlust durch die Physiologische Nadelschütte.

In der Streu oder hängend im Baum bilden sich im Sommer die sexuellen Fruchtkörper von *L. seditiosum* (im Bild Nadel links). Sie sind etwa 1 mm gross, schwarz und oval mit einem grünlich schimmernden Längsspalt. Dieser öffnet sich bei Feuchtigkeit, um die Sporen zu entlassen. Die Sporen infizieren die jüngsten Nadeln. Je höher die Feuchtigkeit in den Sommermonaten, je feuchter und wärmer der Herbst und je milder der Winter, desto besser entwickelt sich *L. seditiosum* (BEHNKE-BOROWCZYK *et al.* 2019).

Lophodermium pinastri (im Bild Nadel rechts) gilt als eher harmloser Endophyt, während *L. seditiosum* vor allem in Baumschulen zu Problemen führen kann. Beide Arten können als Endophyten über lange Zeit symptomlos in der Nadel vorkommen. Die Präsenz von *L. pinastri* nimmt mit zu-

nehmendem Alter der Nadel zu (BEHNKE-BOROWCZYK *et al.* 2019). Es ist ein bedeutender Besiedler von absterbenden Nadeln, der als Saprobiont zum Nadelabbau beiträgt. Die Fruchtkörper sind sehr ähnlich wie jene von *L. seditiosum*. Bei *L. pinastri* ist der Lippenspalz allerdings oft rötlich und es sind schwarze Demarkationslinien auf der Nadel sichtbar.

Inzwischen werden von *L. pinastri* drei Gruppen unterschieden (REIGNOUX *et al.* 2014), die in unterschiedlichem Ausmass pathogen sind.

Da *L. pinastri* zu den am häufigsten in Föhrennadeln gefundenen Pilzen zählt, während *L. seditiosum* nicht immer präsent ist (PATEJUK *et al.* 2021; LAZAREVIC und MENKIS 2020), steht die Vermutung im Raum, dass *L. pinastri* die Infektionsstellen besetzt und so eine Besiedelung durch *L. seditiosum* teilweise verhindert. Während *L. seditiosum* in der Schweiz die Waldföhre zu bevorzugen scheint, wurde *L. pinastri* am häufigsten an Arve gefunden.

Wirkungsvolle Massnahmen gibt es nicht. In Gärten kann versucht werden, die Nadeln konsequent zusammenzurechen und damit den Infektionsdruck zu senken.

Braunfleckenkrankheit



Die eingeschleppte Braunfleckenkrankheit (*Lecanosticta acicola*) wurde in der Schweiz erstmals 1995 im Kanton Zürich beobachtet und 2016 zum ersten Mal im Wald entdeckt.

Auf den ein- und mehrjährigen grünen Nadeln entwickeln sich im Frühjahr etwa 1–2 mm grosse gelbe bis braune Flecken, die sich zu Bändern auswachsen und meist einen gelben Rand aufweisen. Bald bildet sich darin ein braunes Zentrum. In diesem entsteht der Fruchtkörper (0,2–0,8 mm), der die Epidermis der Nadel bandartig nach oben drückt. Die Sporen färben den Fruchtkörper leicht olivgrün. Im Frühsommer sind die Symptome am deutlichsten sichtbar. Befallene Nadeln verfärben sich braun und werden ab dem Sommer geschüttet. Das Befallsmuster folgt dabei einem charakteristischen Verlauf: Der Befall breitet sich von unten nach oben und von innen nach aussen aus. In fortgeschrittenem Stadium verbleibt oft nur noch der frisch ausgetriebene jüngste Nadeljahrgang grün. Vor allem wenn die abgestorbenen Nadeln abfallen, ergibt sich ein Zweighabitus, der an Pudelschwänze erinnert.

Der Pilz überwintert auf abgestorbenen Nadeln, die am Baum oder in der Streu bis zu sechs Monate infektiös bleiben. Verbreitet wird er hauptsächlich durch Wassertröpfchen, welche Sporen von infi-

zierten Nadeln auf neue Bäume transportieren. Bei Temperaturen von 17–22 °C fühlt sich der Pilz besonders wohl.

Betroffen sind vor allem Bergföhren (*P. mugo*, 83 %). Andere Föhrenarten sind zwar ebenfalls betroffen, jedoch in einem viel geringeren Ausmass: Waldföhren (*P. sylvestris*) 7,5 %, Schwarzföhren (*P. nigra*) 2 % sowie Arven (*P. cembra*) und andere Föhrenarten < 1 % (RIGLING *et al.* 2021).

Als Massnahme bleibt bei einem befallenen Baum nur dessen Entfernung. Während das Holz nicht infektiös ist und als Brennholz verwendet werden kann, sollten alle Nadeln vor Ort verbrannt oder sicher entsorgt werden (Kehrichtverbrennung). Auf Werkzeughygiene ist besonders zu achten (Desinfektion mit 70%igem Alkohol).

Die Symptome können mit jenen der Physiologischen Nadelschütte oder Infektionen durch andere Nadelschüttepilze wie *Dothistroma* spp., *Lophodermium seditiosum* oder *Cyclaneusma minus* verwechselt werden. Auf den Nadeln eine junge Infektion mit Einstich- oder Frassstellen von Insekten verwechselt werden, wie zum Beispiel mit dem Föhrennadelscheidenrüssler (*Brachonyx pineti*).

Rotbandkrankheit



Die eingeschleppte Rotbandkrankheit (*Dothistroma* spp.) gehört zu den wichtigsten Krankheiten an Föhren. Es gibt zwei Arten, welche die Krankheit verursachen: *Dothistroma septosporum* und *Dothistroma pini*. Sie können nur mittels molekularer Analysetechnik unterschieden werden.

Seit den 1990er Jahren wird hauptsächlich auf der Nordhemisphäre eine Zunahme sowohl der Häufigkeit als auch der Befallsintensität der Rotbandkrankheit beobachtet. Einerseits hängt dies mit veränderten klimatischen Bedingungen wie veränderten Niederschlagsmustern zusammen, andererseits tragen auch die Pflanzung von bereits infizierten oder anfälligen Jungbäumen zu dieser Entwicklung bei. Während *D. septosporum* weltweit zu finden ist, scheint *D. pini* bis jetzt weniger stark verbreitet zu sein. In der Schweiz wurde die Rotbandkrankheit nach dem Erstfund vor allem im urbanen Grünbereich gefunden. Betroffen waren dort meist Einzelbäume oder kleine Baumgruppen. Ab 2013 breitete sie sich dann lokal in die Wälder aus, wo in der Regel ein Dutzend bis mehrere hundert Bäume betroffen waren.

Befallen werden vor allem Föhren, in geringerem Masse aber auch Gattungen wie Fichte (*Picea*), Tanne (*Abies*), Lärche (*Larix*), Douglasie (*Pseu-*

dotsuga) oder Zeder (*Cedrus*). In der Schweiz am stärksten betroffen sind Bergföhren (*P. mugo*, 69 % der Fälle), gefolgt von Wald- und Schwarzföhren (17,5 %, bzw. 6 %). Bei den Waldföhren ist die Krankheit vor allem auf dem Jungwuchs sichtbar. Betrachtet man *D. pini* separat, zeigt sich, dass Schwarzföhren am häufigsten betroffen sind. Andere Arten wie Arven (*P. cembra*; 1,3 %) sowie andere Föhrenarten (<1 %) und Fichten (*Picea abies*; 0,4 %) werden bisher weniger häufig von *Dothistroma* spp. infiziert. (RIGLING *et al.* 2021).

Die Symptome von Rotband- und Braunfleckenkrankheit sind sehr ähnlich. Bei der Rotbandkrankheit bilden sich anstelle der olivgrünen Flecken jedoch meist charakteristische zinnober- oder fuchsrote Flecken oder Bänder, in deren Zentrum sich der dunkle Fruchtkörper bildet. Dieser misst 0,2–0,8 mm und drückt die Epidermis der Nadel in gleicher Weise bandartig nach oben. Befallsmuster, Überwinterung, Bekämpfungsmassnahmen und Verwechslungsmöglichkeiten entsprechen jenen der Braunfleckenkrankheit. Die drei Erreger der Rotband- und Braunfleckenkrankheit können ausserdem nicht nur auf demselben Baum, sondern auch auf derselben Nadel zusammen auftreten.

Föhrentriebsterben



Das Föhrentriebsterben (*Diplodia sapinea*, syn. *Sphaeropsis sapinea*) gehört nicht nur in der Schweiz, sondern weltweit zu den häufigsten Krankheiten der Föhre. Auch Nadelbäume aus anderen Gattungen (z. B. *Picea*, *Abies*, *Cedrus*, *Larix*, *Pseudotsuga*) können betroffen sein, allerdings ist der Befall in der Regel weniger stark.

Erwähnenswert ist die Zunahme des Föhrentriebsterbens seit 2016. Ursachen sind einerseits die heissen und trockenen Sommer, und andererseits starke Hagelereignisse (QUELOZ *et al.* 2018). Nach wie vor ist die Schwarzföhre die anfälligste Föhrenart, doch auch Berg- und Waldföhren sind teilweise stark betroffen (QUELOZ *et al.* 2018). Nur ein schwerer Befall kann die Bäume zum Absterben bringen.

Zu den auffälligsten Symptomen gehören die verkürzten braunen Nadeln an den abgestorbenen braunen Triebspitzen. Betroffen ist meist nur der jüngste Triebabschnitt. Schon anhand dieser Symptome ist der Pilz gut erkennbar.

Eines der ersten Anzeichen dafür, dass ein Trieb infiziert ist, ist das Austreten von kleinen Harztropfen aus den Knospen. Infizierte Knospen stellen ihr Wachstum ein. Das ist der Grund, weshalb auch die Nadeln nicht die normale Grösse erreichen und lange am Baum verbleiben. Es treiben zwar neue Knospen aus, um die abgestorbenen zu ersetzen,

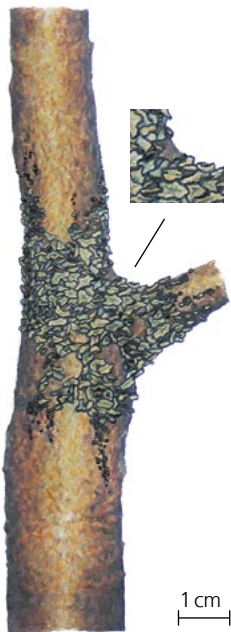
doch werden auch diese infiziert. Schlussendlich verkrümmen sich die Triebe, wobei Insektenlarven dieses Symptom noch verstärken. Die asexuellen Fruchtkörper sind schwarz, klein und kugelig. Sie treten auf der Nadel, der Rinde oder den Zapfen auf. Auf der Nadel sind sie insbesondere unter der Scheide der Nadelbasis zu finden, in schweren Fällen aber auch über die ganze Nadel verteilt. Folgt die Infektion nicht auf Hagelschaden, sind bodennahe Kronenteile oft stärker befallen. Greift die Infektion auf die Rinde von Ästen über, treten Rindennekrosen und teilweise starker Harzfluss auf. Dringt *D. sapinea* bis ins Holz vor, wird dieses verbläut.

Die Virulenz des Pilzes hängt von prädisponierenden Faktoren wie Trockenheit und Dürre ab. Der Zusammenhang zwischen Dürre und Krankheit ist Gegenstand vieler Studien. Bei Krankheiten, die durch Dürre oder Trockenheit begünstigt werden, gibt es eine Häufung von Krebs- und Rücksterbeerkrankungen. Erreger aus Gattungen wie *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Cytospora* und *Biscogniauxia* (*Hypoxylon*) zählen in diesem Zusammenhang zu den bekanntesten Pathogenen (DESPREZ-LOUSTAU *et al.* 2006). Während sich Dürre im Allgemeinen negativ auf das Pilzwachstum auswirkt, profitieren diese Gattungen von der Schwächung des Wirtes.

D. sapinea kann für längere Zeit in einem endophytischen Stadium im Gewebe des Baumes verbleiben. Dabei scheint das Wachstum von anderen Pilzen wie *Bjerkandera adusta*, *Botrytis cinerea* und mindestens je einer Art von *Armillaria* und *Rhizoctonia* gehemmt zu werden (DE OLIVEIRA *et al.* 2019).

In Gärten kann versucht werden, den Pilz durch Rückschnitt befallener Triebe bis ins gesunde Holz zu bekämpfen. Werkzeughygiene durch Desinfektion mit 70%igem Alkohol ist dabei zentral.

Cenangium-Triebschwinden



Der Pilz *Cenangium ferruginosum* kommt überwiegend saprobiontisch auf abgestorbenen Ästen aller in der Schweiz vorkommenden Föhrenarten vor. Gelegentlich tötet er als Schwächeparasit Rinde und Kambium von Zweigen und Ästen, die durch Umweltfaktoren, andere Schädlinge, Krankheiten oder natürliche Alterung geschwächt sind. Auch in den Nadeln wurde der Pilz gefunden, was zu der Vermutung führt, dass diese als Reservoir dienen könnten, um ungünstige Bedingungen zu überstehen (SIEBER *et al.* 1999).

Die Nadeln einzelner Zweige oder ganzer Äste verfärben sich zu Beginn des Frühlings zuerst gelbgrün, dann gelb und verbräunen schliesslich von der Basis her. Im Sommer fallen sie dann ab. Wird die Rinde an der Basis abgestorbener Zweige entfernt, zeigt sich eine scharfe Grenze zwischen gesundem und abgestorbenem Gewebe. Die Pilz-

fruchtkörper entwickeln sich zu Beginn des Sommers, sind dunkelbraun, 2–3 mm gross und wachsen aus den Spaltöffnungen (Stomata) der Föhrenäste hervor. In feuchter Umgebung öffnen sich die Fruchtkörper zu tellerförmigen Gebilden mit ockergelber Innenseite. Unter dem Mikroskop lässt sich *Cenangium* anhand der sexuellen Fruchtkörper und der darin enthaltenen Sporen bestimmen. In den keulenförmigen Asci befinden sich acht einzellige, elliptische Ascosporen ($10\text{--}13 \times 5\text{--}7 \mu\text{m}$).

Ein Befall ist für den Baum nicht tödlich. Eine Bekämpfung der Krankheit ist im Wald deshalb nicht erforderlich.

Scleroderris-Krankheit



Die *Scleroderris*-Krankheit zählt zu den schwerwiegenden Nadelholzkrankheiten. Sie löst ein Triebsterben aus, kann bei schweren Verläufen jedoch auch zu weiterreichenden Rindenschäden führen. Der Erreger *Gremeniella abietina* (syn. *Scleroderris lagerbergii*) umfasst mehrere Varietäten und Untergruppen, die teilweise verschiedene Föhrenarten bevorzugen. Er ist weit verbreitet und kommt nicht nur in Mitteleuropa, sondern auch in Ostasien und Nordamerika an den dort heimischen Nadelbäumen vor. Kam es in Europa vor 1960 vor allem in skandinavischen Waldföhrenbeständen zu relevanten Schäden, nahmen diese zwischen 1960–1970 in Zentraleuropa zu (STEPHAN 1979). Auch andere Nadelbaumgattungen wie Fichte (*Picea*), Tanne (*Abies*), Lärche (*Larix*) und Douglasie (*Pseudotsuga*) können infiziert werden.

Im Winter bilden sich an der Basis von Nadeln und Knospen harzige Läsionen. Betroffen sind vor allem ein- und zweijährige Zweige. Die verharzten Bereiche dehnen sich aus und können den ganzen Zweig umfassen. Betroffene Bereiche ster-

ben ab. Die Nadeln verbräunen von der Basis her, wobei sich die Infektion in der Folge von der Triebspitze hin zu den älteren Nadeljahrgängen ausbreitet. Mit der Zeit kommt es zu einer Verbuschung, da der Baum mit Ersatztriebbildung versucht, abgestorbene Zweige zu ersetzen. Je nachdem, ob die Bedingungen für den Pilz über Jahre hinweg günstig sind (niederschlagsreiche Sommer) oder eine trockenere Phase dessen Wachstum bremst, sterben die Bäume ab oder erholen sich wieder.

An toten Zweigen und Knospen bilden sich bereits im ersten Jahr des Befalls asexuelle Fruchtkörper. Ab dem zweiten Jahr erscheinen auch sexuelle Fruchtkörper als braunschwarze 0,5–1 mm grosse Becherchen.

Um Schäden im Wald zu minimieren, kommen ausschliesslich waldbauliche Massnahmen in Frage, beispielsweise eine rechtzeitige Durchforstung von kühlfeuchten Beständen oder das Vermeiden der Aufforstung unter Schirm.

Weisser Schneeschimmel



Der Weisse Schneeschimmel (*Gremmenia infestans*, syn. *Phacidium infestans*) ist eine typische Hochlagenkrankheit. Der Pilz hat sich an die winterlichen Verhältnisse im Gebirge angepasst. Er befällt ausschliesslich Nadeln, die von Schnee bedeckt sind. Er vermag sogar im Schnee (Temperaturen unter 0 °C) von einer Nadel zur nächsten, bzw. von einem Trieb zum nächsten zu wachsen. Kleine Bäume und Sämlinge, die vollständig im Schnee verschwinden, können bei einem Befall bereits nach einem Jahr absterben. Neben Föhren gehören auch Fichten (*Picea*), Tannen (*Abies*) und Wacholder (*Juniperus*) zu den möglichen Wirten – allerdings werden sie weit weniger häufig infiziert.

Erste Symptome werden nach der Schneeschmelze im Frühling sichtbar, wenn befallene Nadeln fahlgelb bis hellbraun erscheinen. Im Lauf des Jahres verfärben sie sich weiter bis zu einem bräunlichen hellgrau. Die bis 1 mm kleinen Fruchtkörper drücken ab August an die Oberfläche (oft auf der Nadelunterseite). Die Nadelepidermis reisst

dabei sternförmig auf, wodurch die beigerötliche Fruchtkörpermasse sichtbar wird. Die Sporen infizieren die neu gebildeten Nadeln desselben Jahres, so dass sich der Pilz im Winter in ihrem Innern entwickeln kann.

Stark befallene Bäume können gesundgeschnitten werden. Dafür ist ein Rückschnitt aller betroffenen Bereiche bis ins gesunde Holz nötig. Vorbeugend kann eine Durchmischung verschiedener Baumarten die Ausbreitung des Pilzes im Gelände verhindern.

Allgemeine Quelle: KURKELA 1996

Kiefernrrinden-Blasenrost



Der Kiefernrrinden-Blasenrost (*Cronartium pini*, syn. *C. flaccidum*) befällt in der Schweiz Wald- und Bergföhren aber auch andere zweinadelige Föhrenarten. Die Krankheit ist mit ihren grossen gelblich-orangen Blasen sehr auffällig.

Der Pilz infiziert junge Triebe, in deren Rinde er ein bis zwei Jahre wächst, ohne Symptome hervorzurufen, bis im Frühjahr meist an den Astquirle blasenartige weisse Gebilde hervorbrechen, die sich mit der Zeit orange verfärben. Die Triebe sterben daraufhin meist im Verlauf einiger Jahre ab. Von den Trieben dringt er bis in den Stamm, worauf der Baum mit erhöhtem Harzfluss in der betroffenen Region reagiert. Im Kambium kommt es dadurch zu einer Verstopfung der Leitgefässe (Verkienung) und damit zu einer Hemmung oder zum kompletten Unterbruch des Wasser- und Nährstofftransportes. Dies führt zum Absterben der darüberliegenden Baumpartien.

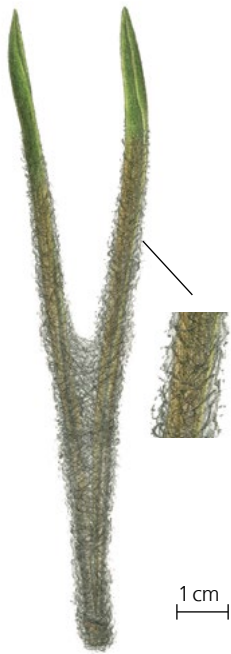
Jedes Jahr wird durch das sich weiter ausbreitende Pilzmyzel weiteres Rindengewebe abgetötet. Der Baum reagiert mit einer leichten Überwallung der betroffenen Zone. Mit der Zeit wirkt der Stammabschnitt abgeflacht und deformiert. Einmal infiziert verschwindet der Pilz nicht mehr aus dem Baum. An alten Föhren führt die Krankheit nach jahrelangem Befall zum Absterben der Krone. Junge Föhren können bei einem stammumfassenden Befall absterben.

Um seinen Entwicklungszyklus zu vervollständigen, vollzieht *C. flaccidum* wie die meisten Rostpilze einen Wirtswechsel. Als Zwischenwirte kommen Enziane (*Gentiana*), Pfingstrosen (*Paeonia*), Schwalbenwurz (*Vincetoxicum*) und einige weitere krautige Pflanzen in Frage. Aussergewöhnlicherweise existiert von dem Pilz eine asexuelle Form, die auf diesen Wirtswechsel nicht angewiesen ist und direkt von Föhre zu Föhre übertragen werden kann. Diese Form ist in Nordeuropa häufiger anzutreffen. Es ist nicht abschliessend geklärt, ob es sich dabei um zwei voneinander abgegrenzte Arten handelt (*C. pini* nicht wirtswechselnd und *C. flaccida* wirtswechselnd), oder ob es zwei Formen derselben Art sind.

Mit Ausnahme von Befällen der asexuellen Form können Bäume durch die Vernichtung der Zwischenwirte geschützt werden – was jedoch ökologisch bedenklich und deshalb in der Schweiz nicht zu empfehlen ist. Handelt es sich allerdings um die asexuelle Form, kann ein Befall nur durch die Entnahme befallener Bäume eingedämmt werden.

Nicht unerwähnt bleiben soll eine weitere Rostpilzart, die auf fünfnadeligen Föhren grosse Probleme verursacht. *Cronartium ribicola* stammt aus dem zentralöstlichen Eurasien und gefährdet seit seiner Einschleppung in Nordamerika dort einheimische Föhrenarten.

Schwarzer Schneeschimmel



Der Schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia pinetorum*, syn. *H. juniperi*) ist wie der Weisse Schneeschimmel eine auffällige Hochlagenkrankheit. Es existieren mehrere Arten/Varietäten, die morphologisch jedoch kaum zu unterscheiden sind. Eine davon, *H. coulteri* (syn. *Neopectia coulteri*), wird nur oberhalb von 2000 m auf der Bergföhre (*Pinus mugo*) gefunden. Sie unterscheidet sich von *H. pinetorum* anhand ihrer zweizelligen anstatt vierzelligen Sporen. Eine Unterscheidung gelingt also nur mittels mikroskopischer Methoden. In der subalpinen Zone befällt *H. pinetorum* Bergföhren, Wachholder (*Juniperus*) und Fichte (*Picea*), in tieferen Lagen kann er auch auf Tannen (*Abies*) vorkommen.

Das wohl auffälligste Symptom sind Nadeln und Triebe, die vollkommen von einem hauchdünnen braunschwarzen Myzel umwickelt sind. Oft sind es die bodennahen Bereiche, die befallen sind, gelegentlich aber auch die ganzen Bäume oder Sträucher. Der Pilz wächst in Hohlräumen unter der Schneedecke (bis -5°C). Mit der Schnee-

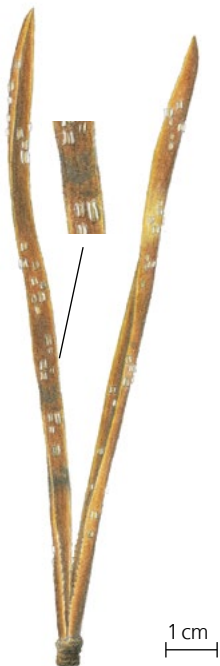
schmelze stellt er sein Wachstum ein, sein Myzel überdauert den trockenen Sommer bis zum nächsten Schneefall. Die mit Myzel verfilzten Nadeln sind anfangs noch grün, sterben mit der Zeit jedoch ab und verbräunen dabei. Von den Nadeln breitet sich der Pilz in die Triebe aus, wodurch auch sie absterben. Erst nach einer Weile fallen die betroffenen Nadeln und Triebe ab.

Im zweiten Jahr bilden sich kugelige schwarze Fruchtkörper, entweder oberflächlich auf abgestorbenen Nadeln (Föhre und Fichte) oder innerhalb der Epidermis (Wachholder). Die darin im Spätherbst gebildeten Sporen infizieren gesunde Nadeln. Auch mittels Myzel können neue Nadeln und Triebe im Winter infiziert werden, ähnlich wie beim Weissen Schneeschimmel.

Einzige Massnahme gegen diesen Pilz hilft die Entfernung und Verbrennung von befallenem Material.

Allgemeine Quelle: NIERHAUS-WUNDERWALD 1996

Cyclaneusma-Schütte



Der Pilz *Cyclaneusma minus* (syn. *Naemacyclus minor*) löst die *Cyclaneusma*-Nadelschütte aus (auch *Naemacyclus*-Nadelschütte). Neben *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum* und *Cenangium ferruginosum* ist er einer der häufigsten Endophyten in Föhrennadeln.

Nachdem die Nadeln der älteren Nadeljahrgänge im Sommer und Herbst vergilben – oft mit braun-rötlichen Bändern, welche an die Physiologische Nadelschütte erinnern – bilden sich im Spätwinter und Frühling in der Streu und auf abgestorbenen Nadeln am Baum die sexuellen Fruchtkörper. Diese sind kaum 1 mm gross, cremefarben und erinnern in geöffnetem Zustand an Fenster mit hellen Fensterläden. Diese dienen auch als Erkennungsmerkmal. Rund um diese Fruchtkörper verblasst die Nadel oft zu einem ockerbraun. Je milder und feuchter der Winter, desto stärker verbreitet sich der Pilz. Asexuelle Konidien werden während des ganzen Jahres gebildet und infizieren fortlaufend Nadeln.

Die räumliche Streuung von *C. minus* ist selten gleichmässig. Bäume mit und ohne Symptome stehen in der Regel in unmittelbarer Nähe zueinander. Ein Befall kann zu schweren Schütten führen, verläuft im Normalfall jedoch mehr oder weniger unauffällig. Massnahmen sind deshalb keine notwendig.

Schwedische Nadelschütten



Die Schwedische Nadelschütte (*Lophodermella sulcigena*) tritt im Norden Europas häufiger auf. Sie befällt diverse Föhrenarten, besonders aber Wald-, Berg- und Schwarzföhre.

Während ihres einjährigen Entwicklungszyklus infiziert sie im Sommer Nadeln, die in der Folge von der Spitze her absterben und sich gelblich-hellbraun verfärben. Die Nadelbasis bleibt hingegen grün und ist durch ein scharfes, braun-violettes Band vom abgestorbenen Nadelbereich getrennt. Nadeln und infizierte Kurztriebe verbleiben bis zum nächsten Jahr am Baum. Dabei bleichen sie weiter aus zu einem gräulichen Weiss. Elliptische schwarze Fruchtkörper mit einer Länge von 2–20 mm entwickeln sich auf den abgestorbenen Nadeln (im Bild Nadel links). Betroffene Triebe und Kronenbereiche erscheinen auf Distanz rosa-braun.

Dieser Pilz ist ein gefährlicher Krankheitserreger, vor allem in Skandinavien. In der Schweiz kommt er nur lokal vor und verursacht keine grossen Schäden. Die Entfernung und das Verbrennen von befallenen Bäumen ist eine bewährte Bekämpfungsmassnahme.

Eine Schwesterart dieses Pilzes (*L. conjuncta*) wurde kürzlich auch in der Schweiz festgestellt. Sie unterscheidet sich von *L. sulcigena* durch weit kürzere Fruchtkörper (max. 4 mm) und andersartigen Sporen (im Bild Nadel rechts).

Allgemeine Quelle: QUELOZ *et al.* 2019

Sydowia polyspora



Sydowia polyspora ist ein weit verbreiteter und äusserst polyphager Schwächepilz, der als Endophyt auch symptomlos in der Nadel vorkommen kann. Im Vergleich zu anderen Pilzen, die mit Nadelbäumen assoziiert sind, hat er wahrscheinlich das grösste Wirtsspektrum. Zudem vermag er alle Baumorgane zu besiedeln. Einzige Ausnahme sind dabei Wurzeln, wo er selten vorkommt.

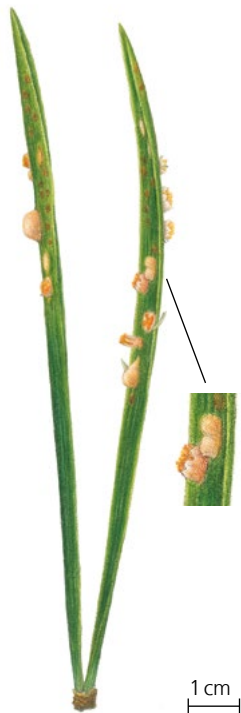
In leicht symptomatischen Nadeln der Waldföhre (gelbe bis braune Flecken) wurde der Pilz besonders häufig nachgewiesen, in der Streu oft auch zusammen mit Totholz besiedelnden Pilzen. Auch tritt er häufig auf Bäumen auf, die aufgrund anderer Ursachen abgestorben sind. Sein Wachstum ist nicht auf die Nadeln beschränkt, Triebe und sogar Holz vermag er ebenfalls zu besiedeln. Das Holz verfärbt sich dann grau (Vergrauung). Der Pilz ist vor allem in seiner asexuellen Form (*Sclerophoma pithyophila*) in vielen Nadelbäumen zu finden. Die asexuellen Fruchtkörper sind sehr klein (200–300 µm), schwarz und ragen unregelmässig kugelig aus dem besiedelten Pflanzengewebe heraus.

mässig kugelig aus dem besiedelten Pflanzengewebe heraus.

S. polyspora wird sehr häufig in Assoziation mit pathogenen Pilzen und auch mit Schadinsekten entdeckt. In der Literatur wird er manchmal als pathogen beschrieben, wobei seine Pathogenität nicht nachgewiesen wurde. Wahrscheinlich ist, dass er bei Komplexerkrankungen mitwirkt, für sich allein jedoch keine starke Schadwirkung auf Bäume ausübt.

Da die Pathogenität von *S. polyspora* nicht vollständig geklärt ist, gibt es keine erprobte Bekämpfungsmassnahmen gegen diesen Pilz. Ob die Entfernung von erkrankten Baumteilen bis ins gesunde Gewebe helfen kann, ist unklar. Vorbeugend kann die Stärkung der allgemeinen Baumgesundheit, das heisst eine gute Bewässerung und Düngung, Schäden durch diesen Schwächepilz verhindern.

Föhrennadelrost



Der Föhrennadelrost wird vom Rostpilz *Coleosporium tussockensis* und sehr nahe verwandten Arten verursacht. Um sich fortzupflanzen, benötigt er zwei verschiedene Wirte (Wirtswechsel). Einerseits sind es Föhren und andererseits diverse krautige Pflanzen. Bei *C. tussockensis* im engeren Sinn sind dies oft Huflattiche (*Tussilago*).

Ein Befall eines Rostpilzes ist sehr auffällig. Die blasenförmigen Fruchtkörper sind 1–3 mm breit und ragen aus der Epidermis noch grüner Nadeln heraus. Mit ihrer fleischfarbig-gelblichen bis orangen Färbung fallen sie vor den grünen Nadeln auf. Im reifen Stadium reisst die dünne Haut der Fruchtkörper auf, woraufhin ein gelb-oranges Sporenpulver freigesetzt wird.

Anders als bei anderen hier vorgestellten Nadelkrankheiten werden meist nur wenige Nadeln infiziert. Föhren überleben einen Befall in aller Regel problemlos.

Physiologische Nadelschütte



Die Physiologische Nadelschütte ist ein natürlicher Prozess infolge der Nadelalterung, den jede Nadel durchläuft. Betroffen sind dementsprechend vor allem ältere Nadeljahrgänge. Obwohl es sich nicht um eine Krankheit handelt, wird das Phänomen hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Es wird bei Waldschutz Schweiz oft als Verwechslung zu einer richtigen Krankheit gemeldet.

Föhrennadeln werden je nach Föhrenart unterschiedlich alt. Sind es bei der Bergföhre 5–10 Jahre, so werden die Nadeln der Waldföhre bereits nach 1–8 Jahren ersetzt (ETH 1995).

Im Zuge des Absterbens verbräunen die Nadeln. Je nach eingelagerten chemischen Stoffen verfärben sich einzelne Nadelabschnitte in verschiedenen Braun- bis Rottönen.

Literatur

- ABEGG, M.; BRÄNDLI, U.-B.; CIOLDI, F.; FISCHER, C.; HEROLD, A.; MEILE, R.; RÖSLER, E.; SPEICH, S.; TRAUB, B., 2020: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Ergebnistabellen und Karten der LFI-Erhebungen 1983–2017 (LFI1, LFI2, LFI3, LFI4) im Internet. [Published online 10.6.2020] Available from World Wide Web <www.lfi.ch/resultate> Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. <https://doi.org/10.21258/1382821>.
- BEHNKE-BOROWCZYK, J., 2018: Biodiversity of fungi community on Scots pine needles infected of the autumn needle cast. SYLVAN 62, 4: 288–294.
- BEHNKE-BOROWCZYK, J.; KWASNA, H.; KULAWINEK, B., 2019: Fungi associated with *Cycloaneusma* needle cast in Scots pine in the west of Poland. Forest Pathology 49, 2: e12487.
- BUTIN, H., 2011: Krankheiten der Wald und Parkbäume: Diagnose, Biologie, Bekämpfung, 4. Auflage. Ulmer, Stuttgart, 318 S.
- DE OLIVEIRA, CF.; MOURA, PF.; RECH, KS.; PAULA DE OLIVEIRA, CDP.; HIROTA, BCK.; DE OLIVEIRA, M.; DA SILVA, CB.; DE SOUZA, AM.; DIAS, JDG.; MIGUEL, OG.; AUER, CG.; MIGUEL, MD., 2019: Antagonistic activity of *Diplodia pinea* against phytopathogenic fungi. Folia Microbio. 64, 3: 415–419.
- DESPREZ-LOUSTAU, ML.; MARCAIS, B.; NAGELEISEN, LM.; PLOU, D.; VANNINI, A., 2006: Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Ann. For. Sci. 63, 6: 597–612.
- DUBACH, V.; MEYER, J.B.; SCHNEIDER, S.; RUFFNER, B.; QUELOZ, V., 2018: Nationales Monitoring von zwei besonders gefährlichen Föhrenkrankheiten 2016. Suivi national de deux maladies du pin particulièrement dangereuses 2016. Monitoraggio nazionale di due malattie particolarmente pericolose del pino 2016. 34 S.
- ETH Professur für Waldbau, Professur für Forstschutz und Dendrologie, 1995: Mitteleuropäische Waldbaumarten. Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Zürich: ETH Vorlesungsskript. S. 248.
- KURKELA, T., 1996: Ascospore production period of *Phacidium infestans*, a snow blight fungus on *Pinus sylvestris*. Scand. J. For. Res. 11: 1–4, 60–67.
- LAZAREVIC, J.; MENKIS, A., 2020: Fungal Diversity in the Phyllosphere of *Pinus heldreichii* H. Christ – An Endemic and High-Altitude Pine of the Mediterranean Region. Diversity 12, 5: 172 S.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D., 1996: Pilzkrankheiten in Hochlagen – Biologie und Befallsmerkmale. Merkbl. Prax. 27. 8 S.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D.; ENGESSER, R.; RIGLING, D., 2012: Hallimasch – Biologie und

forstliche Bedeutung. 2. überarbeitete Aufl. Merkbl. Prax. 21. 8 S.

PATEJUK K.; CIEŚNIEWSKA, A.B.; KACZMAREK-PIEŃCZEWSKA, A.; PUSZ, W., 2021: Mycobiota of peat-bog pine (*Pinus x rhaetica*) needles in the Stołowe Mountains National Park, Poland. Nova Hedwigia 112, 1–2: 253–265.

QUELOZ, V.; BUSER, C.; DUBACH, V.; HÖLLING, D.; MEYER, J.B.; SCHNEIDER, S.; PROSPERO, S.; CORNEJO, C.; RIGLING, D., 2018: Überwachung von besonders gefährlichen Schadorganismen für den Wald – Jahresbericht 2017. Waldschutz Schweiz/Phytopathologie WSL, S. 48.

QUELOZ, V.; FORSTER, B.; BEENKEN, L.; STROHEKER, S.; ODERMATT, O.; HÖLLING, D.; MEYER, J.B.; DUBACH, V., 2019: Waldschutzüberblick 2018. WSL Ber. 79: 33 S.

REIGNOUX, S.N.A.; GREEN, S.; ENNOS, R., 2014: Molecular identification and relative abundance of cryptic *Lophodermium* species in natural populations of Scots pine, *Pinus sylvestris* L. Fungal Bio. 118: 835–845.

RIGLING, D.; DUBACH, V.; BEENKEN, L.; SCHNEIDER, S.; HÖLLING, D.; PROSPERO, S.; CORNEJO,

C.; RUFFNER, B.; AUGUSTINUS, B.; BROCKERHOFF, E.; QUELOZ, V., 2021: Überwachung von besonders gefährlichen Schadorganismen für den Wald – Jahresbericht 2020. Surveillance des organismes nuisibles particulièrement dangereux pour la forêt – Rapport annuel 2020. Monitoraggio degli organismi nocivi particolarmente pericolosi per il bosco – Rapporto annuale 2020. WSL Ber. 108. 99 S.

SIEBER, T.; RYS, J.; HOLDENRIEDER, O., 1999: Mycobiota in symptomless needles of *Pinus mugo* ssp. *uncinate*. Mycol. Res. 103, 3: 306–310.

SINCLAIR, W.; LYON H., 2005: Diseases of trees and shrubs. 2nd edition. Cornell University Press, New York. 616 p.

STEPHAN, B.R., 1979: Beobachtungen über das Vorkommen und die Variation von *Scleroderris lagerbergii* Gremmen in Norddeutschland. Z. Mykol. 45, 1: 45–53.

WÜEST, R.O.; BERGAMINI, A.; BOLLMANN, K.; BRÄNDLI, U.B.; BALTENSWEILER, A., 2021: Modellerte Verbreitungskarten für die häufigsten Gehölzarten der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 172, 4: 226–233. <https://doi.org/10.3188/szf.2021.0226>

Weiterführende Informationen

Verwendete Standardwerke:
Butin 2011, SINCLAIR und LYON 2005

waldschutz.wsl.ch

Kontakt

Eidg. Forschungsanstalt WSL
Waldschutz Schweiz
Zürcherstr. 111, 8903 Birmensdorf
waldschutz@wsl.ch
Telefon +41 44 739 23 88

Illustrationen

Viviane Dubach

Zitierung

DUBACH, V.; QUELOZ, V.; STROHEKER, S., 2022: Nadel- und Triebkrankheiten der Föhre. Merkbl. Prax. 70.12 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentraten 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. 69: Eingeschleppte Pilze in der Schweiz. J. Brännhage *et al.* 2021. 12 S.
- 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. Waldeleistungen 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

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

