

Merkblatt

für die Praxis

Eidg. Forschungsanstalt für
Wald, Schnee und Landschaft
CH-8903 Birmensdorf



Sonderdruck Wald und Holz 77, 10: 18–24

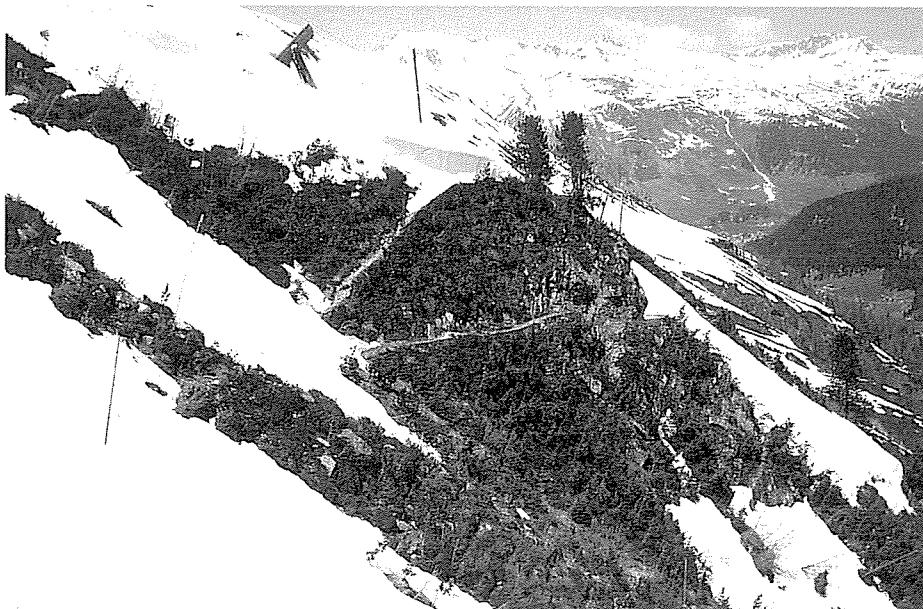
Zu beziehen bei:
Bibliothek WSL, Zürcherstr. 111
CH-8903 Birmensdorf

27, 1996

Pilzkrankheiten in Hochlagen

Biologie und Befallsmerkmale

Dagmar Nierhaus-Wunderwald, Phytosanitärer Beobachtungs- und Melddienst (PBMD) der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf



Geländevertiefungen, Runsen, Mulden, Lawinenablagerungsstellen sind Standorte, an denen Nadelbäume sehr anfällig für Pilzkrankheiten sind. An solchen Stellen bleibt der Schnee lange liegen, die Wachstumsperiode im Sommer ist entsprechend verkürzt.



Auch hinter Stützbauten gegen Lawinen sammeln sich grosse und spätschmelzende Schneemassen an. Das erhöht die Gefahr von Pilzepidemien.
Fotos: Sektion Gebirgswald, WSL

Pilzkrankheiten in Hochlagen

Biologie und Befallsmerkmale

Die Pilzkrankheiten «Triebsterben», «Schneeschütte» und «Schwarzer Schneeschimmel» sind in der Schweiz hauptsächlich in den Voralpen bis zur Baumgrenze weit verbreitet. *Herpotrichia juniperi* kommt auch in höheren Lagen des Juras vor. Betroffen sind Nadelbäume in Naturverjüngungen und besonders in Hochlagen aufforstungen, wo die Pilze bedeutende wirtschaftliche Schäden verursachen. Auch höhergelegene Forstgärten und Einschlagplätze können betroffen sein. Dieses Merkblatt soll Kenntnisse über die Biologie der wichtigsten verursachenden Pilze vermitteln und zu einer besseren Diagnose beitragen.

Einleitung

Den hier beschriebenen Hochlagenpilzen ist gemeinsam, dass ihre Hauptwachstumsphase zur Zeit der Winterruhe

abläuft, in der das Pilzwachstum nicht durch Abwehrreaktionen des Wirtsbauerns gestört wird. Ihre Lebensbedingungen unterscheiden sich deshalb grundlegend von denen anderer Pilze. Die Beson-

derheiten sind, dass sie sich an meist jungen Nadelbäumen oder Teilen von Nadelbäumen, die von tiefem Schnee bedeckt

Von Dagmar Nierhaus-Wunderwald*

sind, noch um 0 °C unter extrem hoher Luftfeuchtigkeit entwickeln. Hierbei bevorzugen sie feuchtigkeitsgesättigte Hohl-

* Dr. Dagmar Nierhaus-Wunderwald arbeitet als Biologin beim Phytosanitären Beobachtungs- und Meldedienst (PBMD) der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf.

Dank: Für hilfreiche Diskussionen und Anregungen möchte ich besonders danken Dr. Ursula Heiniger, Leiterin der Phytopathologie/WSL; Dr. Roland Engesser, PBMD/WSL; Erwin Jansen, Leiter des PBMD/WSL, und Ernst Zeller, Leiter des Projektes Gebirgswaldflege.

Tabelle 1: Wichtige krankheitserregende Pilze in Hochlagen und ihre Wirtsbäume.

Pilzname Hauptfruchtform	Pilzname Nebenfruchtform	Krankheitsbezeichnung/ Pilzname	Wirtsbäume
Gremmeniella abietina (Lagerberg) Morelet Syn.: <i>Ascocalyx abietina</i> (Lagerb.) Schläpfer-Bernhard; <i>Sclerotellus lagerbergii</i> Gremmen	Brunchorstia pinea (Karsten) v. Höhnel	Triebsterben an Nadelhölzern, Sclerotellus-Krankheit	Arve (<i>Pinus cembra</i> L.); Aufrechte Bergföhre (Spirke; <i>Pinus mugo</i> Turra ssp. <i>uncinata</i> Domin); Legföhre (Latsche; <i>Pinus mugo</i> Turra ssp. <i>mugo</i>); seltener Fichte (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.) und Europäische Lärche (<i>Larix decidua</i> Mill.)
Gremmeniella laricina (Ettlinger) Schläpfer-Bernhard Syn.: <i>Ascocalyx laricina</i> (Ettl.) Schläpfer-Bernhard; <i>Sclerotellus laricina</i> (Ettl.) Gremmen	Brunchorstia laricina Ettl.	Triebsterben an Lärche, Sclerotellus-Krankheit	Europäische Lärche Japanische Lärche (<i>Larix kaempferi</i> [Lamb.] Carr.) ist weniger empfindlich
Phacidium infestans Karst.	–	Schneeschütte, Weisser Schneepilz, Weisser Schneeschimmel, Arven-Schneepilz	Arve
Herpotrichia juniperi (Duby) Petrak Syn.: <i>Herpotrichia nigra</i> Hartig	–	Schwarzer Schneeschimmel	Fichte; Arve; Aufrechte Bergföhre; Legföhre; Weisstanne (<i>Abies alba</i> Mill.); Wacholder (<i>Juniperus communis</i> L.)
Herpotrichia coulteri (Peck) Bose	–	Schwazer Schneeschimmel	Legföhre (in Europa der einzige Wirtsbau)

Die Krankheitserreger gehören zur Klasse der Schlauchpilze oder Ascomyceten. *Gremmeniella*-Arten bilden sowohl Haupt- als auch Nebenfruchtformen. Beide Formen wurden lange Zeit als verschiedene Arten beschrieben und erst 1913 bzw. 1940 als zusammengehörig entdeckt. In Fruchtkörperchen der Hauptfruchtformen (**Apothezien** oder **Perithezien**) reifen die durch geschlechtliche Vermehrung entstandenen **Ascosporen** in Sporeschlüuchen (Asci). In Fruchtkörperchen der Nebenfruchtformen (**Pyknidien**) entstehen die Sporen (**Pyknosporen**) auf ungeschlechtliche Weise.

Tabelle 2: Abhängigkeit des Pilzwachstums von der Temperatur.

	<i>Gremmeniella abietina</i> (IUFRO, 1988)	<i>Phacidium infestans</i> (Bazzigher, 1978)	<i>Herpotrichia juniperi</i> (Bazzigher, 1978)	<i>Herpotrichia coulteri</i> (Bazzigher, 1976)
Wachstumsminimum in Kultur	-5°C bis -5,8°C	-3°C bis -5°C	-3°C bis -5°C	-5°C
Wachstumsoptimum in Kultur	13°C bis 20°C	15°C	15°C	10°C
Wachstumsstop in Kultur	30°C	27°C	30°C	24°C
Wachstumstemperatur unter tiefer Schneedecke bei hoher Feuchtigkeit	um 0°C			

räume, die sich um Nadeln und Zweige bilden. Diese Feuchtigkeitsbedingungen sind nur unter einer tiefen Schneedecke verwirklicht bei Temperaturen, die nicht im optimalen Bereich dieser Pilze liegen (Tab. 2).

Voraussetzungen, die besonders die Fruchtkörperbildung und Infektion fördern, sind niederschlagsreiche, kühle Sommer. Die für den Pilz günstige Witterung muss eine gewisse Zeit andauern, damit es zum Ausbruch der Krankheiten kommt.

Junge Nadelbäume, die noch vollständig vom Schnee bedeckt sind, überleben eine Infektion meist nicht länger als 2 bis 3 Jahre. Bei älteren Bäumen, die der Schneedecke entwachsen sind, werden die unteren schneebedeckten Zweige befallen und sterben ab.

Die erwähnten Pilzkrankheiten werden nicht durch das Saatgut übertragen. Im Zusammenhang mit vorbeugenden waldbaulichen Massnahmen wird auf die ausführlichen Abhandlungen von Schönenberger et al., 1990, und Senn et al., 1994, verwiesen.

Biologie der wichtigsten Pilze in Hochlagen

Triebsterben an Arve, Bergföhre, Fichte und Lärche, *Gremmeniella abietina* und *Gremmeniella laricina*

Die Triebsterben-Krankheit ist in Nord- und Mitteleuropa seit Ende des 19. Jahrhunderts bekannt. Später wurde sie auch in Nordamerika, Asien und Japan beobachtet. In der Schweiz beschrieb L. Ettlinger erstmals um 1940 das Vorkommen von *G. abietina* und *G. laricina* in der Aufforstung Alberti-Tobel ob Davos. Vermutlich waren beide Erreger aber schon länger vorhanden.

In Hochlagen sind die *Gremmeniella*-Arten besonders an jungen Nadelbäumen weitverbreitete Schadpilze. *G. abietina*

gefährdet vor allem Arve und Bergföhre, seltener Fichte und Lärche, *G. laricina* ausschliesslich Lärche (Tab. 1). Schwächliche Bäumchen werden häufiger und stärker befallen als kräftigere. Eine unvollständige Verholzung der Triebe nach später Schneeschmelze (d.h. stark verkürzte Vegetationszeit) und einem kühl-feuchten Sommer vermindert die Widerstandskraft der Bäumchen bei gleichzeitig erhöhter Infektionsgefahr. Die durch *G. abietina* verursachte Triebsterben-Krankheit nimmt mit steigender Höhenlage zu. *G. abietina* tritt in verschiedenen Rassen auf. In Europa ist die aggressive «Europäische Rasse» verbreitet.

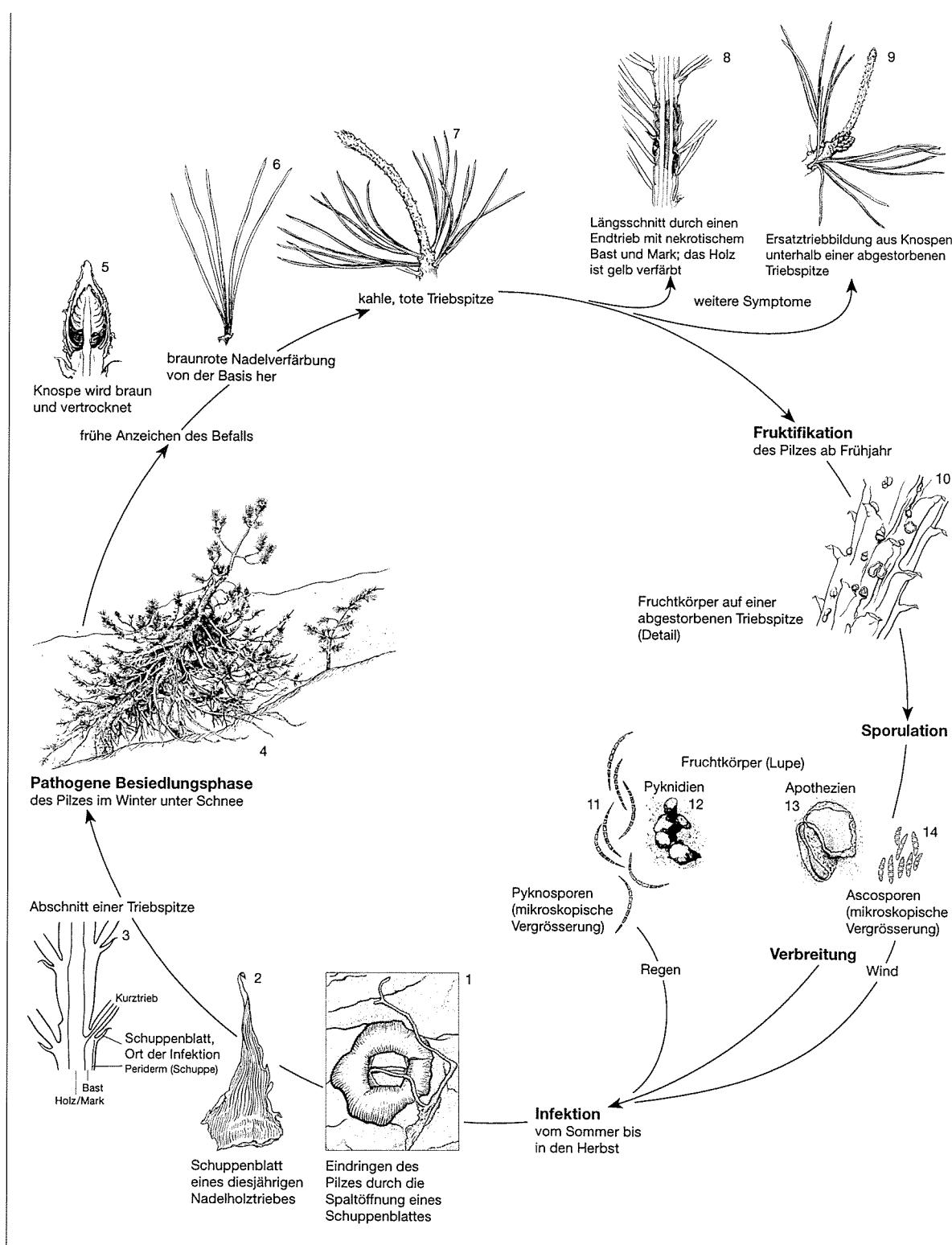
Die beiden *Gremmeniella*-Arten unterscheiden sich anhand ihrer Sporen. Diese sind bei *Brunchorstia pinea*, der Neben-

fruchtform von *G. abietina* (Abb. 4), meist vier- oder achtzellig und sichelförmig (Abb. 1/11), bei *Brunchorstia laricina*, der Nebenfruchtform von *G. laricina*, meist zweizellig und spindelförmig. Auf abgestorbenen Langtrieben befallener Nadelbäume entwickeln sich je nach Wittringsbedingung ein bis zwei Jahre nach der Infektion ab Frühjahr nach dem Ausapern kugelige, schwarze, etwa 0,5 mm grosse Fruchtkörper (Pyknidien) der Nebenfruchtform. Bei der Reife reissen sie unregelmässig auf und entlassen in Schleim gehüllte Pyknosporen, die über kurze Distanzen durch Regentropfen verbreitet werden. Erst im Sommer erscheinen die dunkelbraunen bis schwarzen, 0,5–1,5 mm grossen Fruchtkörper (Apotheken) der Hauptfruchtform. Die Frucht-

Pilze	Befallsmerkmale
Triebsterben an Arve, Bergföhre, Fichte (<i>G. abietina</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Auffällige Verdachtsmerkmale sind meist einjährige, kahle, tote Endtriebe (Abb. 1/7); Rinde und Bast lassen sich leicht vom gelb verfärbten Holzteil ablösen; das Mark ist braun verfärbt (Abb. 1/8). Braunrote Verfärbung der Nadelbasis (Abb. 3; bei Frostschäden beginnt die Verfärbung an der Nadelspitze); Nadeln befallener Triebspitzen lassen sich leicht entfernen («Zupftest»); von der Triebspitze her beginnendes Absterben und Abfallen der Nadeln, später auf ältere Nadeljahrgänge übergreifend. Einzelne Endknospen treiben nicht oder nur schwach aus, verträumen und vertrocknen (Abb. 1/5); leichtes Abfallen bei Berührung. Auf kahlen, toten Triebabschnitten, an Nadelbasen und Knospenansatzstellen Fruchtkörperchen (Lupe; Abb. 4 und 5). Eine Regeneration ist nur möglich durch Austrieb schlafender Knospen unterhalb abgestorbener Langtriebe (Abb. 1/9). Auch diese Ersatztriebe können befallen werden.
Triebsterben an Lärche (<i>G. laricina</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Im Sommer Welken, Verträumen und Abfallen von Kurztriebnadeln an vorjährig infizierten Langtrieben. Die langen, entnadelten, abgestorbenen Endtriebe sind weit sichtbare Befallsmerkmale. Fruchtkörperchen auf toten Triebspitzen (Lupe; Abb. 6). Die meisten Befallsymptome ähneln denjenigen von <i>G. abietina</i>. <p>Eine sichere Diagnose des Triebsterbens ist oft nur mit Hilfe des Mikroskops oder durch Isolierung des Pilzes in Kultur möglich, da auf toten Trieben eine Reihe anderer (z. T. harmloser) Pilze vorkommen, mit denen die Triebsterbeerreger leicht verwechselt werden können.</p>

Abb. 1:
Entwicklungszyklus von *Gremmeniella abietina* an Arve.

Zeichnungen: Verena Fatai, WSL



körper öffnen sich bei hoher Feuchtigkeit becherförmig, so dass die hellgraue Fruchtschicht sichtbar wird (Abb. 5). In trockenem Zustand ist der Rand des Fruchtbechers eingerollt, er erscheint dadurch länglich (Abb. 1/13). Die freigelassenen Ascosporen, die bei *G. abietina* vierzellig und bei *G. laricina* zweizellig sind, werden durch den Wind über weite Distanzen verbreitet. Während der gesamten Sommerzeit bis in den Herbst entlassen die Pilzfruchtkörper ihre Sporen, so dass über einen langen Zeitraum Infektionsgefahr besteht. Neben Nadeln und Wunden scheinen Schuppenblätter die wichtigsten Infektionsorte zu sein. Der Pilz dringt durch die Spaltöffnungen in

die meist abgestorbenen Schuppenblätter (Abb. 1/1 und 1/2) junger Lang- und Kurztriebe oder Knospen ein, breitet sich nur spärlich aus und hört mangels Nährstoffen bald auf zu wachsen. Da er hitzeempfindlich ist, stirbt er bei hohen Sommertemperaturen meist ab. Daher wird dieses Stadium als die kritische Phase im Entwicklungszyklus des Pilzes betrachtet. Bei feucht-kühler Witterung kann der Pilz jedoch länger als ein Jahr hier überdauern.

Im Winter, wenn Äste oder ganze Bäumchen vom Schnee bedeckt sind, geht der Pilz in die pathogene Wachstumsphase über. Er durchdringt die Korkgewebsbarriere an der Schuppenblattba-

sis und besiedelt rasch und intensiv die Triebe, die mit fortschreitender Infektion allmählich absterben. Der Pilz breitet sich schneller gegen die Endknospenbasis aus als abwärts gegen ältere Triebabschnitte. In abgestorbenen Trieben kann der Pilz lange Zeit überdauern. Durch den Verlust an Endknospen und Endtrieben kommt es zu schweren Wachstumsstörungen mit Einbussen im Dicken- und Höhenwachstum. Wegen ihrer langen Sporulationsphase und häufig langen Inkubationszeit besteht die Gefahr, dass die Krankheit erst spät erkannt und so verschleppt wird. Die Pilzentwicklung kann auch zum Stillstand kommen, so dass das befallene Bäumchen die Krankheit übersteht.



Befallsmerkmale

Abb. 2:
Gremmeniella abietina, grossflächiges Triebsterben an Bergföhre.

Foto: Phytopathologie/WSL



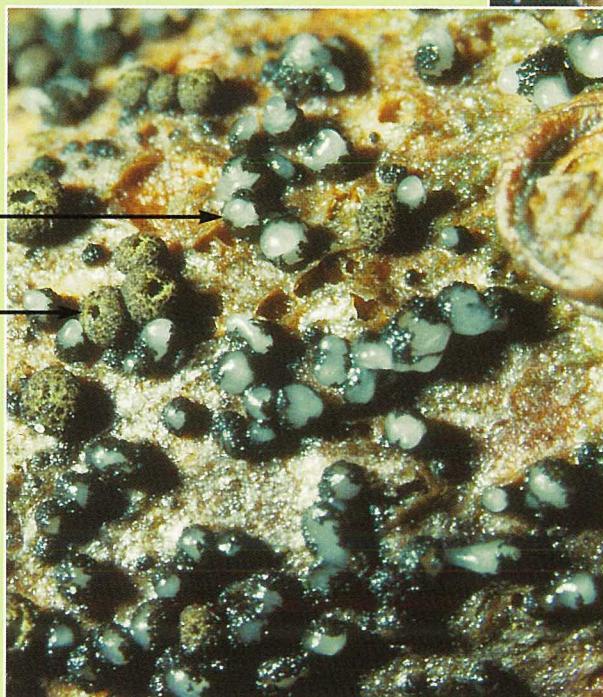
Abb. 3:
Gremmeniella abietina, Triebsterben an Arve: Verfärbungen von Nadeln der Triebspitze beginnen typischerweise an der Basis; bei der Arve sind die Nadeln auffallend nach unten gebogen.

Foto: Gebirgswald/WSL



Abb. 5: *Gremmeniella abietina*: Bei hoher Feuchtigkeit öffnen sich die reifen Fruchtkörper der Hauptfruchtform becherförmig und die hellgraue Fruchtschicht wird sichtbar.

Foto: Phytopathologie/WSL



Reife Fruchtkörper
der Nebenfruchtform

Unreife Fruchtkörper
der Hauptfruchtform

Abb. 4:
Gremmeniella abietina: schwarze, kugelige, reife Fruchtkörper der Nebenfruchtform *Brunchorstia pinea*.

Foto: Phytopathologie/WSL



Abb. 6: *Gremmeniella larinina*: geöffnete Fruchtkörper der Hauptfruchtform an einer abgestorbenen Lärchentriebspitze.

Schneeschütte, Weisser Schneepilz *Phacidium infestans*

Pilz	Befallsmerkmale
Schneeschütte <i>Phacidium infestans</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Noch unter Schnee tote, aufgequollene, oliv-graue Nadeln; nach der Schneeschmelze trocknen sie rasch aus, verfärbten sich braun, bleichen während des Sommers und werden immer brüchiger; abgestorbene Nadeln hängen in Büscheln abwärts. - Fruchtkörperchen (Lupe) ab Frühsommer als dunkelgraue bis schwarze Punkte unter der Epidermis toter Nadeln; mit zunehmender Ausbleichung der Nadeln werden sie immer deutlicher sichtbar (Abb. 8). - Gewöhnlich auch Absterben von Rinde und Knospen befallener Zweige.

Der Schneeschütte-Pilz ist in Europa, Asien und Nordamerika weit verbreitet. In Europa wurde er erstmals Ende des 19. Jahrhunderts in Skandinavien beschrieben, wo er hauptsächlich die Waldföhre befällt. Sein Vorkommen in den Alpen ist seit 1942 bekannt, aber vermutlich ist er auch hier schon länger anwesend. In der Alpenregion gefährdet er nur die Arve (Tab. 1). Er ist in Arven-Naturverjüngungen und in fast allen Arven-Aufforstungen verbreitet, wo er auch junge vitale Bäume infiziert. Vom Schnee bedeckte kleinere Arven oder Äste älterer, grösserer Arven (Abb. 7) sterben oft nach einmaligem Befall ab. Bäume, die durch *Phacidium infestans* geschwächt sind, werden häufig von *Gremmeniella abietina* infiziert.

Die etwa 0,5 mm grossen **Fruchtkörper** (Apothezien) *reifen bei feucht-kühler Witterung im Spätherbst in erkrankten Nadeln oder Nadelteilen*. Dabei durchbrechen sie die Epidermis und zeigen eine blassbraune Fruchtschicht (Abb. 9). Die meist einzelligen Ascosporen werden bis zum Einschneien durch den Wind verbreitet. Bei trockenem Wetter oder plötzlichem Frost können die Sporen für eine gewisse Zeit unbeschadet in den Sporenschlüchen verbleiben. Gesunde Nadeln werden vom Spätherbst bis in den Winter sowohl durch Sporen als auch durch Pilzfäden infiziert. Letztere wachsen aus Nadeln, die den Winter zuvor befallen wurden; von früher infizierten Nadeln wird die Krankheit nicht mehr übertragen. In schneearmen Wintern kann sich der Pilz im neubefallenen Nadelgewebe nicht optimal entwickeln, so dass die Bildung von Fruchtkörpern ausbleibt und Neuinfektionen nur vom Myzel ausgehen. Auch von brüchigen, infizierten Nadeln oder Nadelteilen am Boden, die durch den Wind oder von Tier und Mensch verbreitet werden, kann eine Infektion erfolgen.

Der Pilz wächst unter tiefer Schneedeckung von Nadel zu Nadel, in die er durch die Spaltöffnungen eindringt und das Nadelgewebe zerstört. Nach der Schneeschmelze stellt er sein Wachstum ein.

durchsichtig, später schwach braun, die von *H. coulteri* zweizellig und braun bis dunkelbraun. Ein breiteres Temperaturspektrum (Tab. 2) und ein grösserer Wirtschaftskreis ermöglichen *Herpotrichia juniperi* eine grössere Verbreitung.

Die 0,2–0,5 mm grossen Fruchtkörper (Perithezien), die frühestens im zweiten Entwicklungsjahr des Pilzes erscheinen, bilden sich auf infizierten Nadeln meist über den Spaltöffnungen. Während der ganzen schneefreien Zeit entlassen sie Ascosporen, die der Wind auf neue Wirtschaftsbäume überträgt. Die Sporen nehmen bald nach der Keimung eine Dauerform an, in der sie ungünstige Witterungsbedingungen bis zum Winter überstehen. Die Keimhyphen stellen während dieser Zeit ihr Wachstum ein. Auch von pilzumsponnenen Nadeln oder Zweigen am Boden kann ein Neubefall ausgehen.

Unter Schneedeckung wachsen die *Herpotrichia*-Arten zunächst oberflächlich auf den Nadeln. Später dringen sie mit Hilfe von Saugorganen zur Nährstoffaufnahme in die Nadelepidermisszellen ein, ohne erkennbare Schäden zu verursachen. In einer weiteren Phase wachsen die Pilze durch die Spaltöffnungen in tieferliegende Blattgewebe ein und zerstören sie. Gleichzeitig entwickeln sie von der Infektionsstelle aus ein oberflächlich stark ausgebreitetes, filzartiges, weisslich-graues, dünnwandiges Pilzmyzel, mit dem sie benadelte Äste oder gelegentlich ganze Bäumchen dicht überziehen.

Nach der Schneeschmelze nimmt dieses Oberflächenmyzel im Sonnenlicht allmählich eine braun-schwarze Farbe an, wird dickwandig und stellt das Wachstum ein. Dieses dichte, dunkle Pilzgeflecht (Name!) ist die eigentliche *Dauerform des Pilzes während der Sommerzeit*. Im darauftreffenden Winter wachsen die derben Dauerhyphen unter Schneedeckung wieder aus und infizieren gesunde Nadeln. Sie sind gegen extreme Temperaturen, intensive Bestrahlung und Trockenheit ausserordentlich widerstandsfähig. In lufttrockenem Zustand können sie mehrere Jahrzehnte überleben. Nadeln oder ganze Zweige, die vom Myzelfilz eng umsponten sind, sterben an den Folgen der Nadelzerstörung sowie an Licht- und Luftmangel allmählich ab.

Schwarzer Schneeschimmel

Herpotrichia juniperi und *Herpotrichia coulteri*

Der Schwarze Schneeschimmel, *H. juniperi*, ist in Europa seit Ende des 19. Jahrhunderts bekannt. Einige Zeit später wurde der Pilz auch in Nordamerika beobachtet. 1918 konnte das Vorkommen von *H. coulteri* für Europa bestätigt werden, und 1958 wurde der Schadpilz auch in den Schweizer Alpen beschrieben.

H. juniperi befällt Fichte, Arve, Bergföhre, Tanne und Wacholder (Tab. 1). Sein Hauptverbreitungsgebiet reicht von 1400 bis 2000 m ü. M., er kommt aber auch schon in Höhenlagen von 900 m ü. M. vor. Die grössten Schäden verursacht er in den schneereichen Lagen der Voralpen östlich des Vierwaldstättersees. Er befällt Nadelbäume sowohl in Naturverjüngungen als auch in Gebirgsaufforstungen, wo er oft nesterweise auftritt. In Aufforstungen der Schweiz ist dieser Erreger der weitaus gefährlichste Schadpilz an Fichten-Jungpflanzen, solange diese noch nicht der Schneedecke entwachsen sind.

H. coulteri scheint in Europa auf die Legföhre beschränkt zu sein (Tab. 1). Er kommt in Höhenlagen meist über 1900 m ü. M. vor und ist relativ selten in Aufforstungen anzutreffen.

Die Schwarzen Schneeschimmel-Pilze gefährden besonders geschwächte Bäumchen oder untere Zweige älterer Bäume, die im Frühjahr lange schneedeckt bleiben. Kleinere Bäume können abgetötet werden.

Beide Pilze lassen sich mikroskopisch anhand ihrer Sporen unterscheiden. Diejenigen von *H. juniperi* sind vierzellig und

Pilze	Befallsmerkmale
Schwarzer Schneeschimmel <i>Herpotrichia juniperi</i> <i>Herpotrichia coulteri</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Braun-schwarzer, derber Filz aus Pilzfäden, die benadelte Zweige oder auch ganze Bäumchen überziehen und völlig einspinnen; die Nadeln sehen wie gebündelt oder verklebt aus (Abb. 10). - Im 2. Entwicklungsjahr kugelige, dunkle Fruchtkörperchen (Abb. 11) auf infizierten, abgestorbenen Nadeln (Lupe).

Befallsmerkmale

Abb. 7:
Phacidium infestans: von der Schneeschütté befallene Arven. Nur die vom Schnee bedeckten unteren Äste sind befallen.

Foto: Gebirgswald/WSL



Abb. 8:
Phacidium infestans:
Punktförmige Fruchtkörper
an ausgebleichten Arvennadeln
sind wichtige Diagnosemerkmale.

Foto: Gebirgswald/WSL



Abb. 9:
Phacidium infestans:
Nadelsegment mit reifen,
aus der Epidermis hervor-
brechenden Fruchtkörpern
(im feuchten Zustand)
mit hellbrauner Fruchtschicht.

Foto: O. Holdenrieder/ETH Zürich



Abb. 10:
Von *Herpotrichia juniperi*
befallene Fichte: Die durch ein
dichtes, derbes Pilzgeflecht
«verklebten» Nadeln und Zweige
sind ein sicheres Befallsmerkmal.

Foto: Gebirgswald/WSL



Abb. 11:
Herpotrichia juniperi:
Fruchtkörper kurz
vor der Reife an abge-
storbenen Nadeln.

Foto: O. Holdenrieder/ETH Zürich

Gegenmassnahmen

Um eine epidemieartige Ausbreitung der erwähnten Pilzkrankheiten zu erschweren, wäre es wünschenswert, an zugänglichen Orten erkrankte Pflanzen oder Pflanzenteile abzuschneiden und zu verbrennen. Bei Befall durch *Gremmeniella*-Arten ist diese Massnahme im Frühsommer durchzuführen. Bei Lärchen ist das «Gesundschneiden» wegen ihrer feinen Verzweigung sehr aufwendig und ab einer gewissen Grösse wohl nicht mehr zu bewerkstelligen. Das Abschneiden und Verbrennen infizierter Äste bei Befall durch *Phacidium infestans* sollte so früh wie möglich nach der Schneesmelze erfolgen, d. h. bevor die infizierten Nadeln hart und brüchig werden, leicht abfallen und Nadelteile durch Wind, Tier oder Mensch weiterverfrachtet werden. Bei Befall durch *Herpotrichia*-Arten sind die infizierten Pflanzen(teile) während der ganzen Vegetationsperiode zu entfernen.

In höhergelegenen Forstgärten und Einschlagplätzen werden Fungizide vorbeugend einmal pro Jahr im Herbst ausgetragen. Zu beachten ist die jeweils aktuelle Liste bewilligter Mittel, die beim PBMD/WSL erhältlich ist.

Für einen grossflächigen Einsatz von Fungiziden in Hochgebirgswäldern und Hochlagenauforstungen sind in der Schweiz gegenwärtig keine entsprechenden Mittel zugelassen. Aus ökologischen Erwägungen ist eine langfristige, grossflächige Verwendung von chemischen Bekämpfungsmitteln auch nicht vertretbar. Frühere Untersuchungen mit organischen Fungiziden haben zudem gezeigt, dass derartige Massnahmen wegen der biologischen Besonderheiten der hier beschriebenen Pilze wenig sinnvoll sind:

- Die Erreger des Triebsterbens und des Schwarzen Schneeschimmels entlassen während der ganzen Vegetationszeit ihre Sporen, so dass eine chemische Bekämpfung mehrmals im Jahr wiederholt werden müsste. Die dicken, dickwandigen Dauerhyphen der *Herpotrichia*-Arten, mit denen sie die Sommerzeit überstehen, sind weitgehend unempfindlich gegen Fungizide. Der Myzelfilz, der Nadeln und Äste überzieht, besteht hauptsächlich aus solchen widerstandsfähigen Hyphen. Da das Myzelgeflecht ausserordentlich dicht ist, wäre deren gleichmässige Beisetzung mit dem Fungizid erschwert, so dass die Dauerhyphen im folgenden Winter sehr wahrscheinlich wieder auswachsen würden.
- Die beschriebenen Schadpilze haben ihre Hauptwachstumsphase im Winter unter tiefer Schneebedeckung. Sie müssten also in dieser empfindlichen

Phase chemisch bekämpft werden. Für die *Gremmeniella*-Arten mit ihrer verborgenen Lebensweise kommt eine derartige Behandlung während dieser Zeit nicht in Frage. Fungizid-Anwendungen gegen *Phacidium infestans* und *Herpotrichia*-Arten wären nur im Anfangsstadium eines Ausbruchs – Befall einzelner Astpartien – wirksam, um eine weitere Ausbreitung der Pilze zu verhindern. Das Fungizid müsste im Herbst in hochkonzentrierter Form als

Reservespritzung eingebracht werden, damit der Wirkstoff auf der Pflanze unter langdauernder Schneebedeckung haften und wirksam bleibt. Das bedeutet aber, dass die chemische Behandlung konsequenterweise während zwanzig bis dreissig Jahren vorbeugend wiederholt werden müsste, bis die Nadelbäumchen mit ihren Kronen etwa zur Hälfte über den Schnee hinausragen. □

Weitere Erreger von Pilzkrankheiten in Hochlagen mit geringerer Bedeutung.

Pilze	Wirtsbäume
Fichtennadelrost (<i>Chrysomyxa rhododendri</i>) Kiefernadelrost (<i>Coleosporium</i> sp.) Naemacyclus-Nadelschütté (<i>Naemacyclus minor</i>) Lärchenkrebs (<i>Lachnellula willkommii</i>) Hallimasch (<i>Armillaria</i> sp.)	Fichte (Alpenrose als Zwischenwirt) Aufrechte Bergföhre, Legföhre Aufrechte Bergföhre, Legföhre Lärche Fichte, Aufrechte Bergföhre, Legföhre, Arve, Lärche

Ausgewählte Literatur

- Bazzigher, G., 1971: Triebsterben an Föhren und Lärchen. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. 63. 6 S.
- Bazzigher, G., 1976: Reservespritzung mit hochkonzentrierten Fungiziden für die Bekämpfung des schwarzen Schneeschimmels im Herbst. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. 166. 8 S.
- Bazzigher, G., 1978: Die Bekämpfung des Arvenschneepilzes *Phacidium infestans* Karst. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. 182. 14 S.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.), 1995: Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln im Wald. Grundlagen zum Erwerb der Fachbewilligung. Leitfaden Umwelt 1, 2., überarb. Aufl., 108 S.
- Butin, H., 1989: Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Diagnose – Biologie – Bekämpfung. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart/New York, Thieme. 216 S.
- Capretti, P.; Heiniger, U.; Stephan, R. (eds), 1995: Shoot and Foliage Diseases in Forest Trees. Proceedings of a Joint Meeting of the Working Parties Canker and Shoot Blight of Conifers (S2.06.02) Foliage Diseases. (S2.06.04), Vallombrosa, Firenze, Italy June 6-11, 1994. Firenze, Universita degli Studi di Firenze. 309 S.
- Donaubauer, E.; Stephan, R. (eds), 1988: Neuere Forschungen über das Scleroterris-Triebsterben der Koniferen. IUFRO Working Party, Salzburg, Sept. 1986. In: Mitt. forstl. Bundes.vers.anst., Wien. Heft 162. 167 S.
- Ettlinger, L., 1945: Über die Gattung *Crumenula* sensu Rehm mit besonderer Berücksichtigung des *Crumenula*-Triebsterbens der *Pinus*-Arten. Beitr. Kryptogamenflora Schweiz 10,1: 1-73.
- Petrini, O.; Petrini, L. E.; La Flamme, G.; Ouellette, G.B., 1989: Taxonomic position of *Gremmeniella abietina* and related species: a reappraisal. Can. J. Bot. 67: 2805-2814
- Roll-Hansen, F., 1989: *Phacidium infestans*. A Literature Review. Eur. J. For. Path. 19, 237-250.
- Schönenberger, W.; Frey, W.; Leuenberger, F., 1990: Ökologie und Technik der Auforstung im Gebirge – Anregungen für die Praxis. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes., Ber. 325. 58 S.
- Senn, J.; Schönenberger, W.; Wasem, U., 1994: Survival and growth of planted cembra pines at the alpine timberline. In: USDA For. Serv., Gen. Techn. Rep. INT-GTR-309, 105-109.
- Zeller, E., 1996: Probleme im Gebirgswald lösen. Wiederbewalden; Stabilisieren; Verjüngen; Sanieren. Projekt Gebirgswaldflege II (GWP II). Ber. Nr. 5A, Interkant. Försterschule Maienfeld (in Druck).