



Abb. 6: Fruchtkörper des Riesennrindenpilzes an Kiefernholz



Abb. 8: Mit *Phlebiopsis gigantea* behandelter Fichtenstubben (Lebensmittelfarbe signalisiert Deckungsgrad)

Pflegehinweise für Kiefernbestände

Behandlungsvariante 1 / Symptomfreie bzw. wenig prädisponierte Aufforstungen (mittlerer pH [H₂O]-Wert des Oberbodens <5,5)

- Auf vergleichsweise risikoarmen Standorten bleibt die Produktion von Kiefernwertholz vorrangiges Wirtschaftsziel.
- Zum Schutz der Z-Bäume sind jedoch prophylaktische Abwehrmaßnahmen (Stubbenbehandlung) empfehlenswert.

Behandlungsvariante 2 / Bestände mit noch geringen Absterbeerscheinungen, aber hoher Prädisposition (mittlerer pH [H₂O]-Wert des Oberbodens 5,5-7,0)

- Bei der Z-Baumauswahl ist ein Sicherheitsabstand von mindestens 20 m zu Befallsherden einzuhalten.
- Die Stubbenbehandlung mit biologischen oder chemischen Präparaten ist zwingend, da sich in den gefährdeten Beständen so weitere Absterbelücken verhindern lassen.

Behandlungsvariante 3 / Hochgradig gefährdete Aufforstungen mit flächigen Auflösungserscheinungen (mittlerer pH [H₂O]-Wert des Oberbodens >7,0)

- In stark befallenen Beständen steht die Walderhaltung im Vordergrund, gezielte Pflegemaßnahmen erübrigen sich.

- In isolierten Absterbelücken <0,05 ha kann auf Voranbaumaßnahmen mit wurzelschwammtoleranten Laubgehölzen verzichtet werden. Sie bieten vielmehr Ansatzpunkte für eine natürliche Gehölzansamung.

Weiterführende Informationen über den Wurzelschwamm erhalten Sie:

Landesforstanstalt Eberswalde,
Fachbereich Waldentwicklung und Monitoring
Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde
Tel.: 0 33 34 / 65-1 09
E-Mail: Paul.Heydeck@ife-e.brandenburg.de

Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V.
Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde
Tel.: 0 35 31 / 790716
E-Mail: d.knoche@fib-ev.de

Ausgewählte Literatur

EMMICH, W.-D.; HEYDECK, P.; HEINSDORF, D. (2001): Absterbeerscheinungen in Kiefernstangenhölzern auf Kippsubstraten. AFZ-Der Wald 56: 1296-1299.

HEINSDORF, D.; HEYDECK, P. (1998): Schäden in Kiefernstangenhölzern auf Kippsubstraten durch den Pilz *Heterobasidion annosum*. AFZ-Der Wald 53: 695-699.

KNOCH, D.; ERTLE, C. (2007): Befall der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) durch Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* [FR.] BREF.) auf Kippenflächen des Lausitzer Braunkohlereviere. Archiv f. Forstwesen u. Landsch.-ökol. 41: 105-112.

KORHONEN, K.; HOLDENRIEDER, O. (2005): Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.). Forst und Holz 60: 206-211.

METZLER, B.; THUMM, H.; SCHAM, J. (2005): Stubbenbehandlung vermindert das Stockfäulerisiko an Fichte. AFZ-Der Wald 60: 52-55.

WOODWARD, S.; STENLID, J.; KARJALAINEN, R.; HÜTERMANN, A. (Eds.), 1998: *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. Wallingford, New York: CAB International.



Abb. 9-11: Maschinelle Stubbenbehandlung zur Abwehr des Wurzelschwammes im Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain

Seit Juli 2008 werden im südlichen Teil Brandenburgs Kiefernstubben maschinell mit dem Konkurrenzpilz *Phlebiopsis gigantea* behandelt. Die Applikation der Präparate erfolgt über die Schnittgarnitur eines Harvesters.



Abb. 12: Vorbereitungen zur Messung des pH-Wertes entnommener Bodenproben (Amt für Forstwirtschaft Lübben)



Abb. 13: Manuelle Stubbenbehandlung im Amt für Forstwirtschaft Lübben (Frühjahr 2008)



Abb. 14: Fruchtkörper von *Phlebiopsis gigantea* an einem behandelten Kiefernstubben (krustenartige weiße Überzüge auf Holz und Rinde)

Wurzelschwamm

Wurzelschwamm-Arten als Krankheitserreger an Waldbäumen

Vertreter der Gattung *Heterobasidion* (Wurzelschwamm) sind Weißfäule verursachende Basidiomyceten (Ständerpilze). Sie gelten in den Wäldern der nördlich gemäßigten Klimazone als wirtschaftlich bedeutendste pilzliche Schaderreger. Das Wirtsspektrum dieser wurzelbürtigen Schwächeparasiten umfasst mehr als 200 Gehölzarten. Wirtschaftlich gravierende Schäden verursachen sie in Nadelholzbeständen, besonders bei Fichten („Rotfäule“) und Kiefern („Ackersterbe“). Zwar können auch Laubbäume (z. B. Birken, Buchen, Eichen, Ebereschen) besiedelt werden, doch ist die Schädigung dort deutlich geringer. Eine Ausnahme bildet die aus Nordamerika stammende Rot-Eiche, welche stärker infiziert werden kann. In Europa unterscheidet man heute drei Wurzelschwamm-Arten, die sich bezüglich ihrer Verbreitung, Wirtsspezifität und Fruchtkörpermorphologie unterscheiden:

- Kiefern-Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*)
- Fichten-Wurzelschwamm (*Heterobasidion parviporum*)
- Tannen-Wurzelschwamm (*Heterobasidion abietinum*)

Schadwirkung und Befallssituation

Bei der harzreichen Kiefer konzentriert sich der Befall auf den Wurzelbereich, wo eine Weißfäule entsteht. Da hier auch das Kambium zerstört wird, sterben die betroffenen Bäume rasch ab. In den Beständen bilden sich kreisförmige „Sterbelücken“, mitunter kommt es zur vollständigen Bestandesauflösung. Ein Holzabbau im Stamm findet hingegen kaum statt. Betroffen sind speziell Erstaufforstungen ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen („Ackersterbe“) sowie Rekultivierungsbereiche, beispielsweise des Braunkohlenbergbaus (Abb. 1). Befallsschwerpunkte in Brandenburg bilden gegenwärtig Kiefernstangenwälder auf jungen Kuppenböden im Süden

des Bundeslandes. Natürliche Waldstandorte bleiben von den Schäden meist verschont. Die Infektionsprozesse werden dort durch das wesentlich stärker entwickelte Gegenspielerpotenzial (Mikroorganismen) begrenzt.



Abb. 1: Typischer Befallsherd in 24-jährigem Kiefernbestand nach der ersten Durchforstung (Fruchtkörper des Erregers an Grobwurzel)

Im Gegensatz zur Kiefer bildet sich bei harzarmen Nadelbaumarten mit Kernfäuleempfindlichkeit (Fichte, Tanne) in den zentralen Stammbereichen (Reifholz) eine Weißfäule heraus (an Fichte auch „Rotfäule“ genannt), nachdem der Erreger über das Wurzelsystem eingedrungen ist (Abb. 2). Der technische Schaden ist hier weit bedeutender als die Mortalität. Da das Kambium erst sehr spät angegriffen wird, führt der Befall nicht zum raschen Absterben der infizierten Bäume. Selbst auf gewachsenen Waldstandorten können aber mehr als 20 % des Stammholzes entwertet sein, zudem erhöht sich die Windwurf- und -bruchgefahr.



Abb. 2: „Rotfäule“ an Fichte

Symptome des Befalls

Die Merkmale eines Wurzelschwammbefalls sind am stehenden Stamm wenig spezifisch (Infektionsgeschehen im Wurzelbereich). Erkrankte Kiefern zeigen ein deutlich vermindertes Sprosswachstum. Aufgrund der massiven Wurzelschädigung setzt spätestens im Verlauf des zweiten Befallsjahres eine schlagartige Entnadelung ein. Unter der Wurzelrinde findet man Überzüge aus seidenpapierartig-dünnem Myzel. Auf der Wurzeloberfläche bilden sich häufig auch sogenannte „Initialfruchtkörper“. Dies sind winzig kleine, pustelförmige, weiß bis hellbraun gefärbte Myzelpolster, welche ebenfalls zur Bestimmung des Erregers herangezogen werden können. Eine frühzeitige Befallsdiagnose ist anhand des Kronenbildes nicht möglich. Bei der Fichte tritt im fortgeschrittenen Krankheitsstadium eine flaschenförmige Verdickung des Stammgrundes auf, oft begleitet durch Harzfluss. Im Reifholz findet man eine zentral gelegene, kreisförmig gestaltete, rotbraun gefärbte Fäule, deren Durchmesser nach oben hin abnimmt. Schließlich kommt es zu einem schalenförmigen Ablösen der Jahrringe (faseriger Zerfall des Holzes). Das stark vermorschte Substrat zeigt weiße Flecken mit dunklem Inhalt („selektive Delignifizierung“). Den sichersten Beleg für das Vorliegen einer Wurzelschwamm-Infektion liefern die 5 bis 20 cm breiten, konsolen- oder krustenförmigen, korkartig-zähen (mehrjährigen) Fruchtkörper des Pilzes (Abb. 3). Sie erscheinen an Stubben, Wurzelanläufen oder oberflächigen Wurzeln zumeist abgestorbener Bäume, oft bedeckt mit Nadelstreu. Ihre Oberseite lässt eine dunkelbraune, feste Kruste mit weißem Zuwachsrand erkennen, unterseits findet man weißliche bis cremefarbene, feine Poren.



Abb. 3: Fruchtkörper von *Heterobasidion annosum* an einer Kiefernwurzel

Ferner bilden sich auf befallenen Holz unter feuchten Bedingungen Konidienträger des Pilzes (Nebenfruchtform). Dieses ungeschlechtliche Entwicklungsstadium ist unter dem Namen *Spiniger meineckellus* (OLSON) STALPERS bekannt und gilt als diagnostisch wertvolles Merkmal.

Infektionsgeschehen beim Kiefern-Wurzelschwamm

In Erstaufforstungsbeständen ist der Erreger zunächst noch nicht vorhanden. Die primäre Infektion erfolgt durch Basidiosporen unmittelbar nach Lägerungs- bzw. Durchforstungsmaßnahmen über die Schnittflächen frischer Baumstubben (Abb. 4). Besiedelt werden in aller Regel Stubben ab einem Durchmesser von ca. 10 cm, was einem Bestandesalter zwischen 15 und 20 Jahren entspricht. Als kritisch gelten die ersten Stunden bis Tage nach dem Eingriff. Später wird die Etablierung des Wurzelschwammes durch pilzliche Konkurrenten verhindert. Dagegen bilden Rücke- oder Schältschäden für den Wurzelschwamm keine bedeutsamen Eintrittspforten.

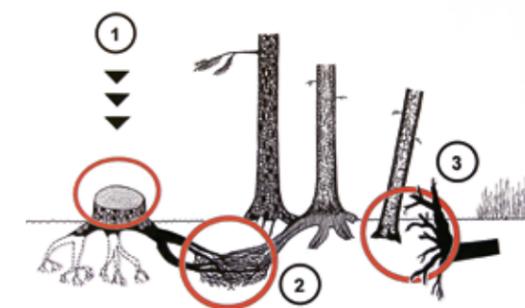


Abb. 4: Schematische Darstellung zum Infektionsgeschehen: ① Besiedelung frischer Schnittflächen durch auskeimende Basidiosporen (Primärinfektion), ② von befallenen Stubben ausgehende Infektion benachbarter Bäume über Wurzelkontakte (Sekundärinfektion), ③ Entstehung von Sterbelücken

Nach erfolgreicher Stubbenbesiedelung geht das Pilzmyzel durch Wurzelkontakte auf benachbarte, bis dahin befallsfreie Bäume über (Sekundärinfektion). Drei bis fünf Jahre später kommt es in den Beständen zu ersten gruppenweisen Absterbeerscheinungen. In der Folge bilden

sich auffällige, annähernd konzentrische Sterbelücken heraus (Abb. 5). An ihrer Peripherie schreitet der Befall zunächst ungebremst fort, die Ausbreitungsgeschwindigkeit kann bis zu 2,0 m pro Jahr betragen. Erst im Bestandesalter von etwa 50 bis 70 Jahren kommt das Infektionsgeschehen allmählich zum Stillstand. Da *Heterobasidion annosum* in besiedeltem Stubbenholz mehrere Jahrzehnte überdauern kann, besteht in der folgenden Waldgeneration ein hohes Neuinfektionsrisiko.



Abb. 5: Sterbelücken in Kiefernstangenwäldern auf Kuppen des Niederlausitzer Braunkohlenreviers (Bärenbrücker Höhe, mittleres Bestandesalter 16 Jahre [1996] bzw. 26 Jahre [2006], CIR 1:10.000)

Prädisposition

Das Schadaufreten des Wurzelschwammes wird vor allem durch erhöhte pH-Werte des Oberbodens begünstigt. Bereits ab einem pH (H₂O)-Wert von >5,5 besteht ein gesteigertes Befallsrisiko. Als besonders gefährdet gelten Bestände auf Carbonat führenden Substraten, meliorierten und zuvor ackerbaulich genutzten Flächen mit kaum entkalktem Oberboden.

Auch dichtgelagerte, flachgründige, wechselfeuchte sowie sandige Böden begünstigen den Befall. Die Wirtsabwehr wird durch periodischen Wassermangel und daraus resultierende Wurzelschäden dauerhaft geschwächt. Für den Krankheitsverlauf sind mikrobielle Gegenspieler von maßgeblicher Bedeutung. Deren Vitalität wird vor allem durch die Reaktionsverhältnisse und den Feuchtezustand des Bodens gesteuert. Auf Neulandböden erhöht sich durch die geringe Präsenz von Antagonisten bzw. Konkurrenten das Wurzelschwammrisiko erheblich. Grundsätzlich sind Nadelholzreinbestände - aufgrund der größeren Anzahl von Wurzelkontakten zwischen empfindlichen Bäumen - wesentlich stärker durch *Heterobasidion* gefährdet als Laub- / Nadel-Mischbestockungen. Außerdem wird die Ausbreitung des Krankheitserregers durch eine flache Durchwurzelung und hohe Pflanzdichten begünstigt.

Gegenmaßnahmen

Nach vollzogener Primärinfektion ist eine erfolgreiche Bekämpfung des Wurzelschwammes nicht mehr möglich. Sowohl die selektive Entnahme infizierter Bäume als auch eine großzügige „Rändelung“ der Befallsherde (Sanitärhiebe) bleiben weitgehend wirkungslos. Im Mittelpunkt der Schadensabwehr stehen daher vorbeugende Maßnahmen in noch weitgehend symptomfreien Beständen. Ziel ist es, die Etablierung des Krankheitserregers auf den frischen Schnittflächen (Primärinfektion) zu verhindern. So werden bereits seit Ende der 1950er Jahre chemische Substanzen (z. B. Harnstoff) und pilzliche Konkurrenten zur Stubbenbehandlung eingesetzt. Als vorteilhaft hat sich besonders die Behandlung der Schnittflächen mit hochwirksamen Sporen- und Myzelsuspensionen des Riesenrindenpilzes (*Phlebiopsis gigante* [FR.] JÜLICH) erwiesen (Abb. 6). Handelsübliche Präparate werden durch Aufsprühen oder Bestreichen appliziert. Sporensuspension lässt sich auch maschinell - mittels Spezialtechnik am Harvester - kostengünstig ausbringen (Abb. 7-8). Die rechtliche Grundlage für eine Anwendung von *Phlebiopsis gigante* zur Abwehr des Wurzelschwammes bildet in Deutschland die „Liste über Stoffe und Zubereitungen, die in Pflanzenschutzmitteln enthalten sein dürfen, die nach § 6a Abs. 4 Satz 1 Nr. 3 Buchstabe b des Pflanzenschutzgesetzes für landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche oder gärtnerische Zwecke zur Anwendung im eigenen Betrieb hergestellt werden dürfen“.