

Kiefern-Erstaufforstungen

Biologische Bekämpfung des Kiefern-Wurzelschwamms

Von Dirk Knoche, Paul Heydeck, Christoph Ertle, Torsten Rakel, Jens Gottschalk und Michael Duhr

Im Lausitzer Braunkohlenrevier werden seit einigen Jahren bestandesbedrohende Absterbeerscheinungen in Kiefern-Erstaufforstungen, ausgelöst durch den Kiefern-Wurzelschwamm, beobachtet. Nicht nur aus Sicht der Forstbetriebe besteht dort dringender Handlungsbedarf.

Alarmierender Befall

Kippenwälder nehmen im Lausitzer Braunkohlenrevier mit 35 000 ha rund 60 % der Rekultivierungsfläche ein. Dabei entfallen auf die Gemeine Kiefer als Hauptwirtschaftsbaumart 17 000 ha (Abb. 1). Trotz schwieriger Standortverhältnisse gelten die sehr stammzahlreich begründeten und häufig überbestockten Reinbestände als raschwüchsig [5]. Bereits im frühen Stangenholzalter erreicht die Kiefer das allgemeine Ertragsniveau des Tagebaulandes. Ihre relative Mittelhöhenbonität schwankt zwischen einer >I.0 und II.5 EKL, der laufende Zuwachs beträgt 7 bis 12 m³/ha·a. Hinzu kommt eine ausgesprochene Feinstigkeit und Wipfelschäftigkeit, welche die Wertholzproduktion lohnenswert erscheinen lässt.

In jüngster Zeit treten allerdings in 20- bis 40-jährigen Erstdurchforstungsbeständen verstärkt Absterbeerscheinungen auf, ausgelöst durch den aggressiven Weißfäulepilz *Heterobasidion annosum* [Fr.] BRF. (Wurzelschwamm, [2, 1]). Im Gegensatz zu natürlichen Waldstandorten ist der Schaderreger in den jungen Ökosystemen der Bergbaufolgelandschaft zunächst nicht präsent. Die Erstinfektion erfolgt durch Basidiosporen des Pilzes, welche die Schnittflächen frischer Baumstubben ab 10 cm Durchmesser besiedeln. Einmal etabliert, befällt das Pilzmyzel über Wur-

zelkontakte benachbarte Bäume (Sekundärinfektion). Diese sterben nach kurzer Zeit ab, nur wenige Individuen widerstehen dem Angriff des Erregers. Binnen 3 bis 5 Jahren bilden sich so kreisförmige, rasch größer werdende Sterbelücken aus (Abb. 2). Aktuell weisen in den Kippenkomplexen zwischen 30 und 90 % der Bestände deutliche Befallssymptome auf. Innerhalb weniger Jahre hat sich die Schadensfläche vervielfacht, örtlich sind bereits 5 % der Kiefern abgestorben.

Offensichtlich ist auf den humusarmen, überwiegend sandigen Neulandböden die Aktivität konkurrierender bzw. antagonistischer Pilze (sog. Gegenspielerpotenzial) unzureichend. Der Schaderreger kann sich dadurch nahezu ungehindert im Wurzelraum der Bäume ausbreiten, zumal nach Stubbeninfektion keine wirksame Bekämpfung mehr möglich ist. Hohe pH-Werte im Oberboden (pH_{H₂O} >5,5) begünstigen zudem den Schadensfortschritt. Die notwendige Aufkalkung schwefelsaurer Kippsubstrate wirkt befallsdisponierend [6].

Damit stehen die örtlichen Bewirtschafter in einem waldbaulichen Dilemma. Noch vor wenigen Jahren spielte die Holznutzung in den jungen Kippenwäldern keine nennenswerte Rolle. Erst jetzt wachsen viele Kiefernbestände in ihr wirtschaftlich interessantes Nutzungsalter ein. Hinzu kamen unklare Besitzverhältnisse, welche die Bewirtschaftung erschwerten, zwischenzeitlich sind diese allerdings geklärt. Der rasch auflaufende Pflegebedarf erfordert nunmehr angemessene Durchforstungseingriffe. Gerade diese öffnen jedoch den Infektionspfad und erhöhen das Betriebsrisiko. Mehr noch: Ein bislang unbremster Wurzelschwammbefall stellt die Standorteignung der Gemeinen Kiefer

als wichtigster Rekultivierungsbaumart infrage und gefährdet die aufwändigen Sanierungsmaßnahmen des Bergbaus. Nicht nur aus Sicht der Forstbetriebe besteht somit dringender Handlungsbedarf [3].

Stubbenbehandlung zur Abwehr

Im Mittelpunkt der Schadenskontrolle stehen vorbeugende Forstschutzmaßnahmen in noch weitgehend symptomfreien Beständen. Bereits Mitte der 1950er-Jahre wurden hierzu in Erstaufforstungen ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen erfolgreich chemische Substanzen (z.B. Harnstoff) und pilzliche Konkurrenten des Wurzelschwamms eingesetzt [8, 9, 10]. Als besonders effizient gilt dabei die Behandlung frischer Schnittflächen mit Sporen- und Myzelsuspensionen des ausschließlich saprotroph lebenden Riesenrindenpilzes (*Phlebiopsis gigantea* [Fr.] JÜLICH), s. Abb. 3. Diese Methode stellt beispielsweise in Großbritannien, Polen oder den skandinavischen Ländern heute ein Routineverfahren der Kiefernwirtschaft dar. Gegenüber unbehandelten Beständen verringert sich das Infektionsrisiko um rund 80 %.

Innerhalb Deutschlands steht hierfür das Handelspräparat ROTEX® zur Verfügung, welches durch Bestreichen oder Aufsprühen appliziert wird. Einen Anwendungsschwerpunkt bilden bisher Fichtenbestände im Südwesten Deutschlands. So berichten METZLER u.a. (2005) [7] über ein Pilotvorhaben zur harvestergestützten Abwehr des Fichten-Wurzelschwamms (*Heterobasidion parviporum*), dem wichtigsten Verursacher der „Rotfäule“. Als besonders vielversprechend gilt demnach die Mittelapplikation in Erstaufforstungen mit noch geringem Befallsgrad (<10 %). Der Mehraufwand einer verfahrensintegrierten Ausbringung beträgt etwa 40 €/ha bzw. 0,80 €/Efm.

Nutzung einheimischer Pilzstämmen

Zwar gilt der Wurzelschwamm als einer der wissenschaftlich am besten untersuchten Pilze [10], zur maschinellen

Dr. D. Knoche und C. Ertle sind am Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), P. Heydeck ist im Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), T. Rakel und J. Gottschalk sind im Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB), M. Duhr ist im Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (ML) tätig.

Dirk Knoche
d.knoche@fib-ev.de



Abb. 1: Junge Kiefern-Erstaufforstung in der Bergbaufolgelandschaft



Abb. 2: Charakteristische Absterbelücke in 30-jährigem Kiefernstangenholz wenige Jahre nach Erstdurchforstung

Stubbenbehandlung in jungen Kiefern-Durchforstungsbeständen liegen bisher in Deutschland aber noch keinerlei Erfahrungen vor. Für die Verfahrensentwicklung sind insbesondere Identifizierung, Formulierung und Dosierung hochwirksamer Pilmittel, aber auch die Applikationstechnologie von Interesse.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, auf handelsübliche Biopräparate zurückzugreifen. Hierbei handelt es sich jedoch um gebietsfremde Pilzstämmen, speziell nordeuropäischer Herkunft. Insofern ist bei großflächiger Streuung dieser Applikationsmittel eine Beeinträchtigung der Biodiversität nicht auszuschließen. Für die Stubbenbehandlung im Lausitzer Braunkohlenrevier werden daher vorrangig gebietsheimische Pilzstämmen verwendet. Die Prüfung der zahlreichen regional gewonnenen Isolate erfolgte am Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) nach mehreren Auswahlkriterien, beispielsweise des Myzelwachstums auf künstlichen

Nährböden. Im Ergebnis des mehrstufigen Screenings stehen seit dem ersten Quartal 2008 einige geeignete, wuchskräftige Stämme des Riesenrindenpilzes zur Verfügung. Sie dienen der Herstellung einer Myzelsuspension (sog. LFE-Myzelsuspension) für die praktische Anwendung (Abb. 4). Diese weist bei 8 °C eine mehrwöchige Lagerbeständigkeit auf. Unmittelbar vor ihrer Anwendung im Forstbetrieb erfolgt eine Verdünnung mit Wasser im Verhältnis 1:10, welche eine ausreichend hohe Wirksamkeit des Präparates in der praktischen Anwendung gewährleistet [4].

Stubbenbehandlung im Forstbetrieb

Auf Grundlage der erfolgreichen Erprobung des LFE-Präparates in manuellen Applikationsversuchen wurde noch im Jahr 2008 ein Harvester des Landesbetriebes Forst Brandenburg (Typ: Preuss 84 V.II, Fällaggregat KETO S1 Supreme) mit einer Sprüheinrichtung (System: DROPPEN RMIX Stubbenhandling) ausgestattet (Abb. 5).



Abb. 3: Fruchtkörper des Riesenrindenpilzes (*Phlebiopsis gigantea*) auf der Schnittfläche eines Kiefernstubbens

Die Applikation des Biopräparates über das Harvester-Schnittsystem verläuft inzwischen routiniert und ohne nennenswerte technische Störungen, selbst bei Temperaturen um den Gefrierpunkt. Ein Verstopfen von Leitungen bzw. Sprühdüsen des Lochschwertes durch Kristallisationseffekte lässt sich nicht feststellen. Der geforderte Deckungsgrad von mindestens 90 % der Stubbenschnittfläche [7] wird in aller Regel erreicht. ▶

Tab. 1: Verbrauchskennzahlen der Stubbenbehandlung durch Harvesterapplikation unter Praxisbedingungen im Landesbetrieb Forst Brandenburg (LFB)

| Maßnahme | Ausscheidender Bestand | | | | Mittelverbrauch Suspension | | |
|--------------------------|------------------------|----------------------|---------------|------|----------------------------|-------|---------|
| | Alter Jahre | Stubben-Ø cm (o. R.) | Entnahmemenge | | I/Fm | I/MAS | I/Stamm |
| | | | Fm/ha | N/ha | | | |
| Aufarbeitung Schneebruch | 41 | 13,5 | 5,2 | 117 | 3,8 | 10 | 0,17 |
| | 36 | 13,2 | 7,4 | 90 | 2,5 | 7,5 | 0,21 |
| | 43 | 14,3 | 5,9 | 90 | 2,0 | 7,8 | 0,13 |
| | 40 | 12,7 | 2,4 | 64 | 2,4 | 3,3 | 0,09 |
| | 42 | 14,9 | 8,1 | 116 | 1,8 | 2,8 | 0,12 |
| | 42 | 10,6 | 3,5 | 102 | 4,3 | 5,0 | 0,15 |
| | 69 | 19,0 | 10,9 | 115 | 2,4 | 6,3 | 0,23 |
| Selektive Durchforstung | 39 | 12,7 | 30,5 | 620 | 3,1 | 4,1 | 0,15 |
| | 43 | 14,3 | 33,0 | 508 | 2,1 | 5,8 | 0,14 |
| | 56 | 22,2 | 33,9 | 203 | 1,4 | 4,4 | 0,23 |
| | 45 | 18,5 | 24,9 | 267 | 1,2 | 4,3 | 0,11 |
| | 36 | 13,4 | 20,1 | 531 | 3,9 | 7,1 | 0,15 |
| | 52 | 22,8 | 33,1 | 201 | 0,9 | 3,4 | 0,14 |
| | 50 | 22,8 | 32,1 | 335 | 1,2 | 3,8 | 0,11 |
| | 42 | 18,4 | 27,9 | 364 | 2,1 | 5,2 | 0,16 |

o. R. – ohne Rinde



Abb. 4: Myzelsuspension (LFE-Präparat) des Riesenrindenpilzes zur Anwendung in Kiefernbeständen

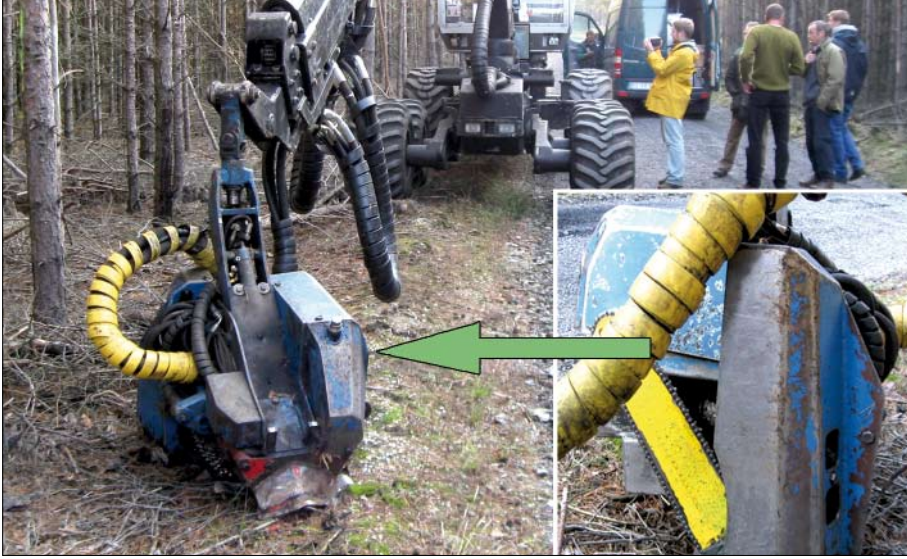


Abb. 5: Stubbenbehandlung mit dem Fällschnitt durch aufgerüsteten Harvester Preuss 84 V.II; rechts das spezielle Schnittsystem mit Lochspeer (System DROPPEN R MIX Stubbenhandling)



Abb. 6: Behälteraufbau für die Myzelsuspension am Harvester

Dabei liegt der Mittelverbrauch (Suspension 1:10) in den etwa 40-jährigen Durchforstungsbeständen bei durchschnittlich 2,3 l/Fm (0,9 bis 4,3 l/Fm) bzw. 5,4 l/MAS (2,8 bis 10,0 l/MAS) und 0,15 l/Stamm (0,09 bis 0,23 l/Stamm), vgl. dazu Tab. 1.

Die Sortimentsaushaltung und die Durchforstungsstärke im Bestand sowie die Bestandesstruktur bestimmen letztlich die Arbeitsdauer der Maschine (MAS) für die Ernte einer Holzvolumeneinheit (Fm). Der Durchmesser der zu entnehmenden Bäume bestimmt die Anzahl der Bäume je Volumeneinheit. Diese Größen sind unabhängig von der Mittelapplikation variabel. Da die Mittelapplikation pro Baum ausschließlich bei jedem Fällschnitt stattfindet, ist die entscheidende Größe für die Planung des Verbrauchs die zu entnehmende Stammzahl je Bestand.

Bislang lieferte das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) rund 650 l flüssiges Myzelkonzentrat in die Anwendungsgebiete der Lausitzer Bergbaufolgelandschaft. Allein durch Harvesterapplikation wurden etwa 100 ha Kiefernbestände (Gassenauftrieb, Aufarbeitung Schneebbruch, Erstdurchforstung) behandelt.

Maßgebliches Kriterium zur Beurteilung des gesamten Applikationsverfahrens ist der Etablierungsgrad des Konkurrenzpilzes im Stubbenholz. Bei einer ersten Bonitur des Anwuchserfolges im Forstrevier Schaderwitz (Betriebssteil Doberlug-Kirchhain) konnte der Pilz nach drei Monaten an mehr als 90 % der behandelten Stubben nachgewiesen werden (Abb. 7). Im direkten Anwendungsvergleich übertrifft die Wirksamkeit der LFE-Myzelsuspension sogar diejenige des handelsüblichen Oidio-sporen-Präparates. Der verhältnismäßig hohe Anteil positiver Befunde auf der angrenzenden Kontrollfläche ist auf die Nähe zu behandelten Bestandesflächen zurückzuführen. So konnte im ersten Jahr nach der Jungbestandespflege auf behandelten Stubben eine intensive Fruchtkörperbildung nachgewiesen werden [4]. Demnach fruktifiziert *P. gigantea* an mehr als 90 % zufällig ausgewählter Schnittflächen. Durch Sporenflug etabliert sich der Konkurrent auch auf benachbarten, unbehandelten Flächen und kann dort die Wurzelschwamminfektion verringern.

Entsprechend der Entwicklungsbiologie des Wurzelschwamms lässt sich die

Effizienz derartiger Waldschutzmaßnahmen abschließend erst nach drei bis fünf Jahren beurteilen. Dann wird zweifelsfrei geklärt, ob über eine wirksame Etablierung des Konkurrenzpilzes hinaus die primäre Infektion der Stubben durch den Wurzelschwamm unterbunden werden kann. Letzteres ist jedoch sehr wahrscheinlich, da nach Besiedlung der Durchforstungsstubben durch den Konkurrenten in aller Regel keine Wurzelschwamm-Infektion mehr erfolgt [10]. So vermag der Schaderreger frische Durchforstungsstubben nur innerhalb der ersten Tage nach dem Fällschnitt und in Abwesenheit von Konkurrenzpilzen zu kolonisieren. Dies bestätigt auch der Applikationsversuch Schaderwitz, wo 92 % der beobachteten Wurzelschwamm-Fruchtkörper auf der unbehandelten Kontrollfläche nachgewiesen wurden.

Ein erstes Resümee

Der Einsatz von antagonistisch wirkenden Sporen- und Myzelsuspensionen des Riesenrindenpilzes (*P. gigantea*) verspricht eine effektive Abwehr des Wurzelschwamms.

Wie der sehr hohe Etablierungsgrad des konkurrierenden Pilzes im Stubbenholz zeigt, sind sowohl die ausgewählten Isolate (LFE-Myzelsuspension) als auch die Applikationstechnologie im Hinblick auf eine praktische Anwendung ausgereift. Zumindest im Landeswald Brandenburg ist die Stubbenbehandlung auf gefährdeten Kippenstandorten im Lausitzer Revier daher inzwischen verbindlich vorgesehen. Lediglich bei anhaltenden Frosttemperaturen, wenn keine Freisetzung von Wurzelschwammsporen erfolgt und somit eine Primärinfektion auszuschließen ist, wird auf die Anwendung verzichtet. Unabhängig davon gilt es zu prüfen, ob durch die Einbringung von *P. gigantea* auch in bereits (schwach) besiedelte Bestände wirksame Barrieren geschaffen werden,

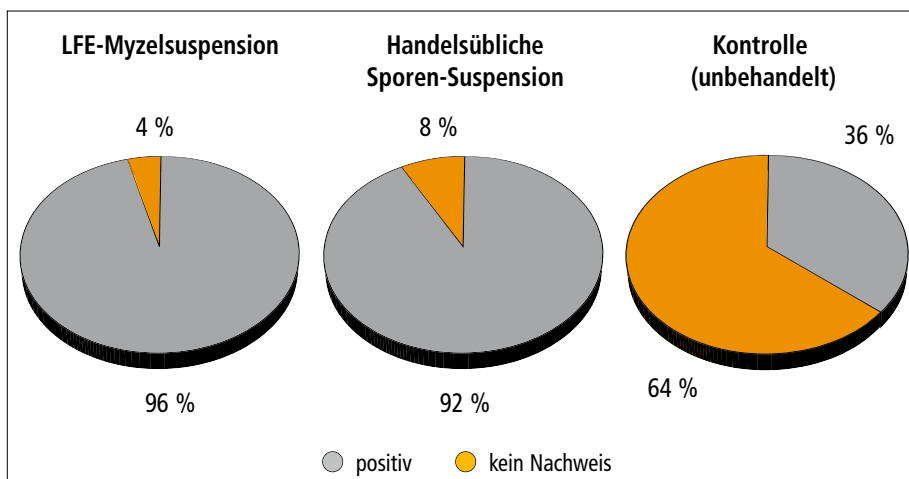


Abb. 7: Applikationsversuch Schaderwitz, Etablierungsgrad von *Phlebiopsis gigantea* im Stubbenholz bei maschineller Applikation [4], Entnahme von etwa 4 cm starken Stammscheiben (n = 100)

die einer weiteren, massiven Ausbreitung des Schaderregers entgegenwirken. Hierfür spricht die Besiedlung unbehandelter Stubben nach Durchführung von Applikationsmaßnahmen in angrenzenden Bestandesteilen.

In einigen älteren Durchforstungsbeständen ist das Krankheitsgeschehen allerdings bisweilen schon sehr weit fortgeschritten. Es ist anzunehmen, dass dort die bereits eingeleiteten Maßnahmen zur Abwehr des Kiefern-Wurzelschwamms zu spät kommen. Sofern es die Substratverhältnisse erlauben, sollten ausgehend von Befallsherden Voranbaumaßnahmen mit (wurzelschwamm-toleranten) Laubgehölzen durchgeführt werden.

Für die Kippenstandorte des Lausitzer Reviers empfehlen sich in Abfolge einer zunehmenden ökologischen Feuchte- und Nährkraftstufe (SEA 95): ziemlich arm, trocken/Z3 → Gemeine Birke, Stieleiche, Traubeneiche, Winterlinde, Hainbuche und Rotbuche → kräftig, frisch/K1. Kleinere Absterbelücken (< 0,05 ha) bleiben, sofern diese nicht vergrasen, einer natürlichen Gehölzansamung (Birke, Eberesche, heimische Eichenarten) vorbehalten.

In enger Kooperation der beteiligten Einrichtungen wird parallel zur Praxis-einführung der LFE-Myzelsuspension die weitere Bekämpfung des Schaderregers optimiert. Hierzu dienen im Sinne eines angewandten Qualitätsmanagements folgende Einzelmaßnahmen:

- zur weiteren Prozessaufklärung Einrichtung eines permanenten Monitoring-netzes (50 Befallsherde) im Landeswald;
- fortlaufende Schadenskartierung und Modellentwicklung zur Schadensprognose;
- Etablierung weiterer Applikationsversuche (manuell und maschinell) in stark befallsdisponierten Kiefernbeständen;
- Optimierung der harvester-gestützten Mittelapplikation (z.B. Minimierung von Sprühverlusten) und Ableitung von betriebswirtschaftlichen Empfehlungen;
- Schaffung der organisatorischen und logistischen Voraussetzungen für eine bedarfsgerechte Produktion, Verteilung, sachgemäße Zwischenlagerung und Ausbringung des Präparates;
- Sensibilisierung aller Waldbesitzerarten (Waldschutz-Merkblatt) und Schulung von Revierleitern, Maschinenführern sowie Waldarbeitern in der Mittelanwendung;

- Verbesserung des Biopräparates (Isolierung weiterer geeigneter Pilzstämmen, Untersuchungen zur Wirksamkeit und effektiven Lagerung der Myzelsuspension).

Literaturhinweise:

[1] EMMRICH, W.-D.; HEYDECK, P.; HEINSDORF, D. (2001): Absterbeerscheinungen in Kiefernstangenhölzern auf Kippsubstraten. *AFZ-DerWald*, 56/2001: 1296–1299. [2] HEYDECK, P. (2000): Bedeutung des Wurzelschwamms im nordostdeutschen Tiefland. *AFZ-DerWald*, 55/2000: 742–744. [3] HEYDECK, P.; KNOCHE, D. (2008): Wurzelschwamm, Gefährdung – Symptome – Bekämpfung. Merkblatt des Ministeriums für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV)/Informationen für Waldbesitzer. [4] HEYDECK, P.; KNOCHE, D.; DAHMS, C.; RAKEL, T.; BIELER, T.; SAUERMAN, J.; DUHR, M. (2010): Prophylaktische Maßnahmen zur Abwehr des Kiefern-Wurzelschwamms (*Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref.) in Erstaufforstungen auf Kippenstandorten im südlichen Brandenburg (Lausitz). *Archiv für Forstwesen und Landsch.ökol.* 44, 3: 107–115. [5] KNOCHE, D. (2001): Forstliche Rekultivierung. In: *Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (Hrsg.). Wissenschaftliche Begleitung der ostdeutschen Braunkohlesanierung.* Eigenverlag LMBV: 105–131. [6] KNOCHE, D.; ERTLE, C. (2007): Zum Auftreten des Kiefern-wurzelschwamms (*Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref.) auf Kippenflächen des Lausitzer Braunkohlereviers. *Archiv für Forstwesen und Landsch.ökol.*, 41, 3: 105–112. [7] METZLER, B.; THUMM, H.; SCHAM, J. (2005): Stubbenbehandlung vermindert das Stockfäulerisiko an Fichte. *AFZ-DerWald*, 60/2005: 52–55. [8] RISHBETH, J. (1951): Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. (II) Spore production, stump infection, and saprophytic activity in stumps. *Annals of Botany NS*, 15, 57: 1–21. [9] RISHBETH, J. (1957): Some further observations on *Fomes annosus* Fr. *Forestry*, 30: 69–89. [10] WOODWARD, S.; STENLID, J.; KARJALAINEN, R.; HÜTTERMANN, A. (1998): *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford, New York.