

## 4.3 Zum Auftreten des Kiefernwurzelschwamms (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) in der Bergbaufolgelandschaft des Lausitzer Braunkohlereviers

DIRK KNOCHE, CHRISTOPH ERTLE

### 1 Einführung und Problemstellung

Im Lausitzer Braunkohlerevier nehmen die Kippenaufforstungen rund 30.000 ha ein und liegen mit 60 % der Rückgabefläche weit vor allen anderen Nutzungsarten. Durch die überwiegende Verkippung sorptionschwacher, meist schwefelsaurer Sande kommt der Aufforstung mit Gemeiner Kiefer als anspruchsloser Pionierbaumart eine Schlüsselstellung zu (PREÜßNER 1998). Ihre Baumartenanteilsfläche beträgt rund 50 %, von denen 80 % in die I. und II. Altersklasse entfallen. Die stammzahlreich begründeten Bestände sind meist frohwüchsig, ihre durchschnittliche Höhenbonität schwankt zwischen einer I,2 und II,2 Ertragsklasse (ET LEMBECKE et al. 1975). Jedoch sind die Aufforstungen erheblich überbestockt (BÖCKER et al. 1998, BUNGART & HÜTTL 1999) und somit dringend pflegebedürftig (KNOCHE 2001). Sie gelten als instabil, auch wenn ihre Vitalität als vergleichsweise günstig eingeschätzt wird (STÄHR 2003).

Seit einigen Jahren werden in Erstdurchforstungsbeständen besorgniserregende Absterbeerscheinungen beobachtet. Etwa 3 bis 5 Jahre nach den Eingriffen bilden sich annähernd konzentrische Sterbelücken aus, an deren Rändern der Absterbeprozess zunächst ungebremst fortschreitet (HEYDECK 2000, Abbildung 1). Meist sterben die durch starke Kronenverlichtung und Kurztriebe gekennzeichneten Randbäume innerhalb von



Abb. 1: Beispiel eines typischen Wurzelschwammbefalls-herdes in Kiefernstangenhölzern auf Kippen des Braunkohlbergbaus (Untersuchungsgebiet Schlabendorf Nord, Bestandesalter 24 Jahre) und Hauptfruchtform des Erregers an Grobwurzeln

ein bis zwei Vegetationsperioden ab. Als Schadensursache lässt sich der Befall durch den Weißfäulepilz *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (Wurzelschwamm) zweifelsfrei nachweisen (HEINSDORF & HEYDECK 1998, EMMRICH 2000). Allein im Landeswald Brandenburg sind nach ersten Schätzungen bis zu 500 ha betroffen.

Im Regelfall erfolgt die Primärinfektion über frische Baumstubben, daraufhin geht das Pilzmycel durch Wurzelkontakte auf Nachbarbäume über (Sekundärin-

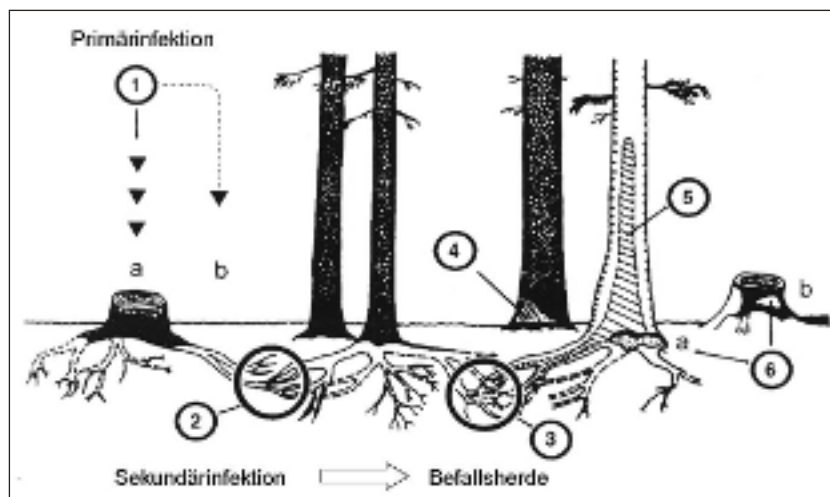


Abb. 2: Übersicht zum Infektionsgeschehen: 1 Besiedlung frischer Schnittflächen durch auskeimende Basidiosporen (Primärinfektion), 2 von befallenen Stubben ausgehende Infektion benachbarter Bäume über Wurzelkontakte (Sekundärinfektion), 3 Entstehung von Absterbelücken (Heydeck 2005)

fektion), es kommt zur Ausbildung der befallstypischen Sterbelücken (WOODWARD et al. 1998, Abbildung 2). Zwar scheint die praxisübliche Aufkalkung vieler Kippenstandorte die Befallsdisposition zu erhöhen (EMM-RICH et al. 2001). Das Krankheitsgeschehen wird aber offensichtlich durch eine Faktorenkombination gesteuert, so dass ein breites Standortspektrum betroffen ist. Dies führt zu einem waldbaulichen Dilemma und stellt die gängigen Behandlungsmodelle bzw. -ziele in Frage: Einerseits besteht auflaufender Pflegebedarf, gleichzeitig können aber gerade die notwendigen Eingriffe den Wurzelschwammbefall auslösen. Um auf diese problematische Situation angemessen reagieren zu können, bedarf es einer Einschätzung des Befallsrisikos und -fortschritts in Abhängigkeit der Standorteigenschaften. Daher sollen im Folgenden Beziehungen zwischen den bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften und der Wurzelschwammgefährdung geprüft werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in der Ergebnisdarstellung nur auf die Bodenparameter näher eingegangen, welche signifikanten Einfluss auf das Befallsgeschehen nehmen.

## 2 Befallssituation

Mit den Kippenbereichen Schlabendorf Nord (Aff Lübben), Schwarzheide / Schipkau (Aff Doberlug-Kirchhain) sowie Jänschwalde (Außenhalde Bärenbrücker Höhe, Aff Peitz) sind für die Untersuchungen substrat- und bestockungstypische Bergbaufolgeflächen der Niederlausitz ausgewählt worden. Die Aufnahmen im Landeswald Brandenburg beziehen sich auf knapp 600 ha Kiefernreinbestände (*Pinus sylvestris* L.) der überwiegend II. Altersklasse, wobei die befallenen Bestände ein mittleres Alter von 23 bis 32 Jahren aufweisen.

Nach Tabelle 1 ist in rund 30 % (Schwarzheide / Schipkau) bis 90 % (Bärenbrücker Höhe) der erfassten Kiefernbestände ein Wurzelschwammbefall nachweisbar. Die gesamte Befallsfläche (Absterbelücken)

nimmt bis zu 4,8 % der mit Gemeiner Kiefer bestockten Waldfläche ein (vgl. Abbildung 3), wobei die Größe der Befallsherde zwischen 8 und 830 m<sup>2</sup> schwankt.

Bezogen auf das frühestmögliche Infektionsalter von etwa 15 Jahren (VOLLBRECHT et al. 1995, MORRISON & JOHNSON 1999, Mindeststubbendurchmesser für eine erfolgreiche Sekundärinfektion >10 cm) lässt sich eine schwach positive Beziehung zwischen der Flächen-größe der Absterbelücken bzw. dem durchschnittlichen Flächenzuwachs und der relativen Höhenbonität ableiten. Demnach nimmt die Intensität des Befalls mit der allgemeinen Standortgüte zu. Andererseits ist die aktuelle Bestandesdichte ohne Einfluss auf den Lückenzuwachs (Tabelle 2). Nach KUHLMAN (1973) bzw. GREIG und LOW (1975) begünstigen jedoch enge Pflanzverbände und eine überdichte Bestockung die Ausbreitung des Wurzelschwamms, was wiederum auf die Bestockungssituation der Kippenaufforstungen zutrifft.

## 3 Standörtliche Disposition

Wie Abbildung 4 zeigt, besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Reaktionsverhältnissen des Oberbodens und der Befallsdisposition gegenüber Wurzelschwamm. So beträgt der mittlere pH(H<sub>2</sub>O) des Oberbodens (0-30 cm) aller Befallsherde 6,5, hingegen in den Vergleichsprofilen der nicht betroffenen Bestände bzw. Bestandesteile 4,9. Darüber hinaus korreliert sowohl die Flächengröße der Befallsnester als auch deren durchschnittlicher jährlicher Flächenzuwachs mit den pH(H<sub>2</sub>O)-Werten des Oberbodens (Tabelle 2). Dagegen weisen Befallsherde und Referenzflächen im Unterboden mit pH 5,2 bis 5,4 (30-60 cm) bzw. pH 4,7 bis 4,9 (60-100 cm) einander vergleichbare Reaktionsverhältnisse auf.

Die erhöhten pH-Werte der Befallsherde lassen auf die bevorzugte Verwendung hochreaktiver Kalke (Branntkalk (CaO), Magnesiumbranntkalk (CaO, >15 % MgO) bzw. Löschkalk (Ca(OH)<sub>2</sub>)) bei der praxisüblichen Grundmelioration schwefelsaurer Kippsubstrate schließen (vgl. KATZUR 1998). So werden mit den heute in

Tabelle 1: Charakterisierung der durch *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. verursachten Absterbelücken in Kiefernsteraufforstungen auf Kippenstandorten

		Schlabendorf Nord (SD)	Schwarzheide/Schipkau (SH)	Bärenbrücker Höhe (BB)
Holzboden (gesamt)	ha	141	648	181
Holzboden Gemeine Kiefer	ha	127	400	62
mittleres Bestandesalter	Jahre	24	33	26
mittlere rel. Höhenbonität	–	1,3	1,0	1,2
mittlerer Stammzahlschlussgrad	–	1,0	1,6	1,5
Anzahl kartierter Sterbelücken	Stck.	50	48	186
Fläche betroffener Bestände	ha	80	121	55
mittleres Alter mit Sterbelücken	Jahre	23	32	25
Gesamtfläche Lücken	m <sup>2</sup>	11.383	7.445	29.692
mittlere Lückengröße	m <sup>2</sup>	228 (31-755)	152 (25-830)	159 (8-618)
mittlerer Lückendurchmesser	m	16	12	14

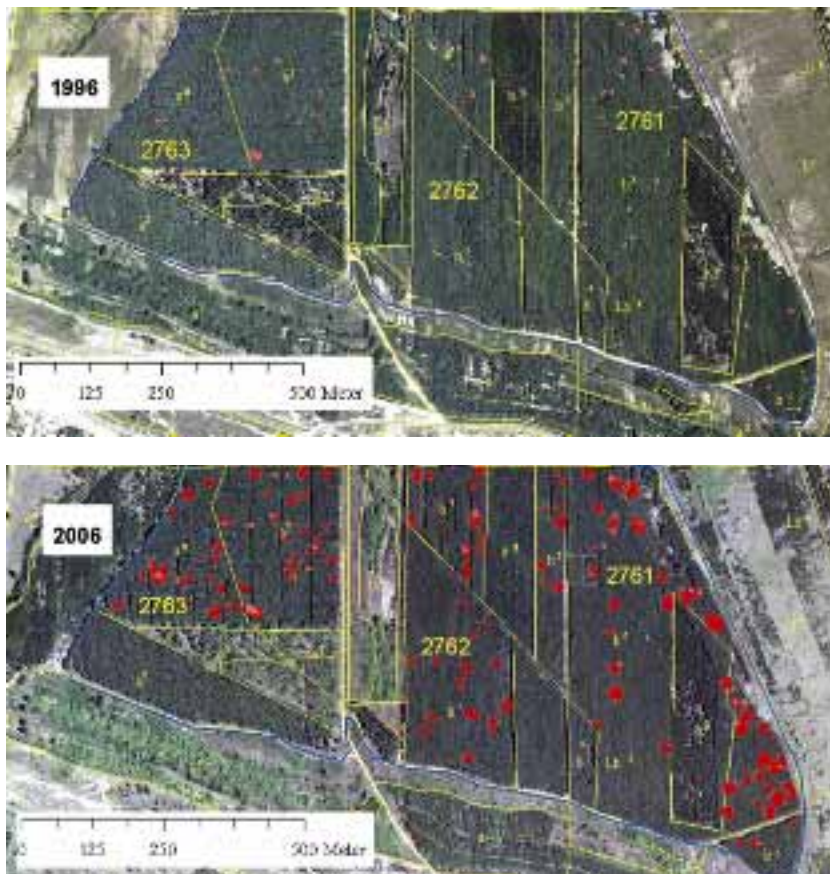


Abb. 3: Entwicklung des Krankheitsgeschehens (Untersuchungsgebiet Bärenbrücker Höhe, mittleres Bestandesalter 16 Jahre (1996) bzw. 26 Jahre (2006), CIR 1:10.000)

der Rekultivierung gebräuchlichen kohlensaurer Naturkalken ( $\text{CaCO}_3$ ) bzw. dolomitischen Kalken ( $\text{CaCO}_3$ ,  $>15\% \text{MgCO}_3$ ), selbst bei erheblicher Überdosierung kaum  $\text{pH}$ -Werte  $>6,5$  erreicht (KNOCH & HAUBOLD-RO-SAR 2004). Trotz der sehr geringen Carbonatgehalte besteht aber zumindest im Oberboden eine statistisch gesicherte Beziehung zwischen dem Infektionsrisiko der Bestände und dem  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt (Abbildung 4). Hinzu kommt, dass in keinem der Referenzprofile Carbonat feststellbar ist, dagegen weisen die Befallsnester Maximalwerte von rund 1 M.-% (Oberboden) bis

3 M.-% (Unterboden) auf. Nach Tabelle 2 beeinflusst der Kalkgehalt aber weder die Lückengröße noch den Befallsfortschritt.

Die Reaktionsverhältnisse des Oberbodens nehmen offensichtlich maßgeblichen Einfluss auf die Ausbreitung des Wurzelschwamms in Kippenwäldern, wobei ein  $\text{pH}$ -Wert  $>5,5$  als kritisch angesehen wird. Dies bestätigt eine Vielzahl an Publikationen, demzufolge die Befallsdisposition von Kiefernbeständen vor allem  $\text{pH}$ -abhängig ist (u. a. RISHBETH 1951, FROELICH et al.

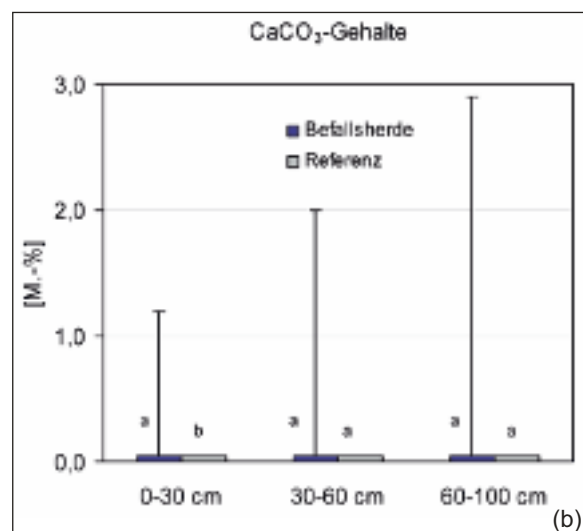
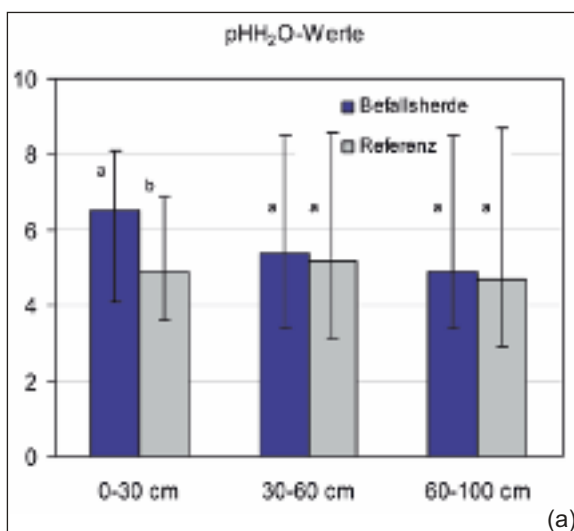


Abb. 4:  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte und  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte der Befallsherde und Referenzprofile in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-100 cm [Median, Minimum, Maximum,  $n = 30$  (alle Befallsherde) bzw.  $n = 15$  (alle Referenzprofile)]

Tabelle 2: Beziehung zwischen Flächengröße des Befallsherdes bzw. jährlichem Flächenzuwachs (rechnerisch) und Bestandesalter, rel. Höhenbonität, Stammzahl, pH(H<sub>2</sub>O)-Wert, CaCO<sub>3</sub>-Gehalt in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-100 cm sowie der Feldkapazität (FK) bzw. nutzbaren Feldkapazität (nFK) bezogen auf 100 cm Profiltiefe; Korrelationskoeffizient nach Pearson, \* p = 0,05, n = 30

Parameter	Tiefenstufe	Fläche Befallsherd	jährlicher Flächenzuwachs (rechnerisch)	jährlicher Flächenzuwachs, ab Alter 15 Jahre (rechnerisch)
			Fläche dividiert durch Bestandesalter	Fläche dividiert durch Bestandesalter minus 15 Jahre
Alter	–	-0,064	-0,258	-0,378 *
Bonität	–	0,430 *	0,413 *	0,389 *
Stammzahl/ha	–	-0,075	0,015	0,059
pH <sub>2</sub> O	0-30 cm	0,378 *	0,463 *	0,509 *
	30-60 cm	0,222	0,278	0,312
	60-100 cm	0,346	0,365	0,346
CaCO <sub>3</sub>	0-30 cm	0,274	0,249	0,186
	30-60 cm	0,251	0,234	0,183
	60-100 cm	0,216	0,182	0,120
FK	0-100 cm	0,156	0,156	0,141
nFK	0-100 cm	0,061	0,096	0,096

1966, EVERS 1973). Insbesondere gekalkte Ackererst-aufforstungsflächen mit einem pH-Wert des Hauptwurzelraums von >6,0 (WALLIS 1960) bzw. >7,0 GREIG (1995) lassen gravierende Bestandsschäden durch Wurzelschwammbefall erwarten.

Die übrigen in dieser Studie erfassten bodenchemischen Parameter, das sind Ct(Kohle)-Gehalt, St-Gehalt sowie die Gesamtgehalte an mineralischen Makronährstoffen Calcium, Magnesium, Kalium, Phosphor und deren wasserlösliche Fraktion, nehmen keinen Einfluss auf das Krankheitsgeschehen. Weder bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Befalls-herden und Referenzprofilen, noch leitet sich eine gesicherte Beziehung zur Lückengröße oder dem rech-

nerischen Befallsfortschritt ab (KNOCH und ERTLE 2007). Folglich wird die Gemeine Kiefer sowohl auf kohle- und annähernd schwefelfreien Quartär- als auch kohle- bzw. schwefelführenden Tertiärsubstraten in vergleichbarer Intensität durch Wurzelschwamm befallen. Weder die geologische Fazies der Kippsubstrate noch deren Trophie nehmen Einfluss auf den Krankheitsverlauf.

Die durchgängig sandigen, z. T. ton- und lehmbröckigen Kippsubstrate (Sandanteil >90 M.-%) weisen mit 23,7 bis 35,5 Vol.-% sehr hohe Grobporenvolumina (>50 µm Äquivalentdurchmesser) auf, so dass die Luftkapazitäten oberhalb des pflanzenbaulichen Optimums von rund 20 Vol.-% liegen (KUNTZE et al. 1994, AK STAND-

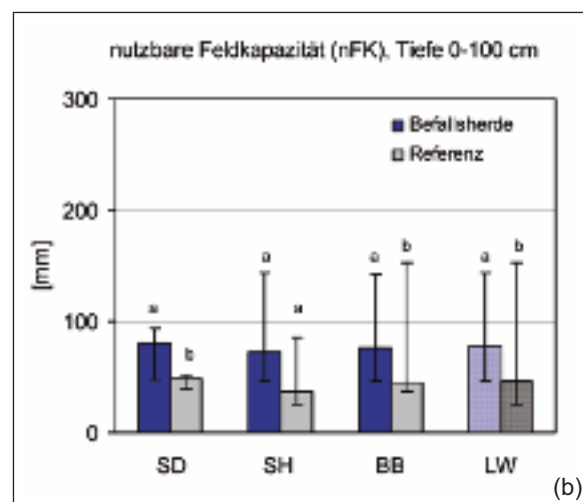
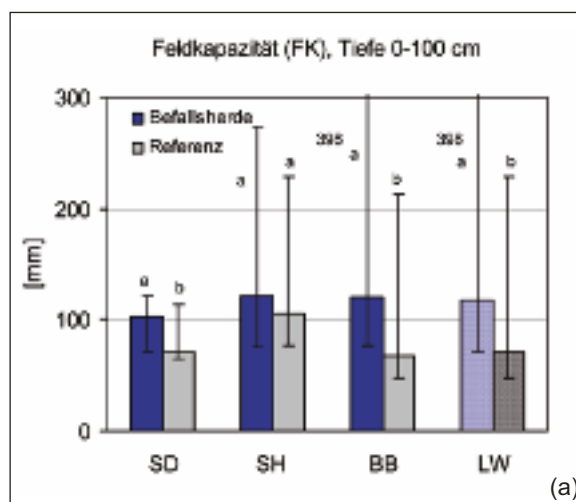


Abb. 5: Feldkapazität (0-100 cm) und nutzbare Feldkapazität (0-100 cm) für die Befalls-herde und Referenzprofile [Median, Minimum, Maximum, n = 30 (alle Befalls-herde) bzw. n = 15 (alle Referenzprofile)]  
SD = Schlabendorf Nord, SH = Schwarzheide / Schipkau, BB = Bärenbrücker Höhe, LW = Landeswald (alle Flächen)

ORTSKARTIERUNG 1996). Aufgrund des hohen Grobporenvolumens bzw. niedrigen Schluff- und Tongehaltes bleibt die mittlere nutzbare Feldkapazität mit 37 bis 80 mm bezogen auf 100 cm Profiltiefe sehr gering (Abbildung 5).

Sie entspricht in etwa den Vergleichswerten kiefernbestockter Sandbraunerden des Tagebaumlandes, bei denen die Wasserverfügbarkeit ertragsbegrenzend wirkt (KNOCHE et al. 2006). Trockenstress während der niederschlagsarmen Sommermonate ist, wie Xylemflussmessungen belegen (vgl. SCHERZER 2001), wahrscheinlich. Eine angespannte Wasserversorgung gilt aber neben dem pH-Wert als ein weiterer befallsverschärfender Faktor (TOWERS und STAMBAUGH 1968, ALEXANDER et al. 1975). Wie MORRIS und FRAZIER (1966) am Beispiel der Weihrauch-Kiefer (*Pinus taeda* L.) nachweisen, sind insbesondere sandige Substrate mit >70 M.-% Sandfraktion des Oberbodens durch Wurzelschwamm gefährdet.

Demnach würde die geringe Wasserverfügbarkeit der sandigen Kippenböden die allgemeine Befallsdisposition erhöhen, tatsächlich zeigen aber die extremen Trockenstandorte ein geringeres Wurzelschwammrisiko. Beispielsweise beträgt die mittlere nutzbare Feldkapazität aller Absterbelücken 77 mm, hingegen in den nicht betroffenen Beständen bzw. Bestandesteilen lediglich 45 mm.

Abschließend sei darauf verwiesen, dass weder Korngrößenzusammensetzung, Skelettgehalt noch die Lagerungsverhältnisse das Befallsrisiko der aufstockenden Kiefernbestände gegenüber Wurzelschwamm erklären können (KNOCHE und ERTL 2007).

#### 4 Waldbauliche Empfehlungen

Die Kiefernrestaufforstungen auf Kippen des Braunkohlebergbaus weisen aufgrund der hohen pH-Werte des Oberbodens eine erhebliche Befallsdisposition gegenüber Wurzelschwamm auf. Daneben begünstigen die in großem Umfang anstehenden Erstdurchforstungs- und Erschließungsmaßnahmen die Ausbreitung des Erregers. Nach übereinstimmenden Literaturangaben ist frühestens ab einem Bestandesalter von 50 bis 70 Jahren mit einem Stillstand der Infektion zu rechnen (WOODWARD et al. 1998), so dass sich das Befallsgeschehen in den kommenden Jahren sehr wahrscheinlich verschärfen wird. Es gilt daher Durchforstungsstrategien zu entwickeln, welche vor allem das Risiko der Primärinfektion minimieren, da nach Ausbildung von Befallsherden der waldbauliche Handlungs- und Gestaltungsspielraum erheblich abnimmt. Verschiedene Publikationen weisen darauf hin, dass sowohl der Primärbefall als auch die Ausbreitung des Wurzelschwamms mit dem Durchforstungszeitpunkt und der Pflegeintensität korrespondieren. Je früher, stärker und häufiger die Eingriffe erfolgen, um so rascher breitet sich der Erreger aus (u. a. POWERS und VERRALL 1962, VOLLBRECHT und AGESTAM 1995, VOLLBRECHT et al. 1995).

Da die Kippenwälder über eine hohe Wuchsrleistung verfügen und aufgrund ihrer hohen Bestandesdichte überwiegend feinastig und wipfelschäftig sind (BÖCKER et al. 1999), soll aber nach den waldbaulichen Vorgaben der Landesforstverwaltung Brandenburg die Wertholzproduktion ein vorrangiges Bewirtschaftungsziel bleiben. Dies gilt insbesondere für symptomfreie bzw. wenig befallsdisponierte Kiefernbestände (mittlerer pH(H<sub>2</sub>O)-Wert des Oberbodens <5,5). Dementsprechend konzentrieren sich die Eingriffe in der Jungbestandspflege auf den notwendigen Aushieb qualitativ schlecht-, aber vorwüchsiger Protzen und gegebenenfalls die Mischbestandsregulierung. Die bestandesausformenden Durchforstungseingriffe inkl. Feinerschließung, Z-Baumauswahl und Astung erfolgen nach weitgehender Differenzierung der Bestockung ab dem frühen Stangenholzalder (Oberhöhe 7,0 bis 15 m). Durch die konzentrierten Pflegeeingriffe werden jedoch in direkter Nachbarschaft der Wertholzanzwarter zahlreiche Eintrittspforten für den Wurzelschwamm geschaffen, so dass die frischen Stubben vor einer möglichen Infektion geschützt werden müssen. Hierfür empfiehlt sich die in der forstlichen Praxis bewährte Stubbenbehandlung mit hochwirksamen Biopräparaten des antagonistischen Riesenrindenpilzes (*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich, u. a. RISHBETH 1957, GREIG 1976, REDFERN et al. 1994, HEYDECK 2000, 2005). Derzeit wird die Anwendung handelsüblicher biologischer Präparate zur Abwehr des Wurzelschwamms auf Kippen der Niederlausitz geprüft (HEYDECK 2005). Als viel versprechend erweist sich die Behandlung mit dem Präparat Pg-Poszwald. Das mit Flachpinsel aufgetragene Sporenkonzentrat erzielt auf 76 % der Schnittflächen eine Fruchtkörperbildung und damit Barriere für das Eindringen des Wurzelschwamms. Darüber hinaus sind Durchforstungsmaßnahmen nach Möglichkeit im Winterhalbjahr und bei Lufttemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt sind in der Atmosphäre kaum mehr infektiöse Basidiosporen des Wurzelschwamms nachweisbar, die Primärinfektion durch Besiedlung frischer Schnittflächen unterbleibt aller Regel nach (BRANDTBERG et al. 1996).

In Durchforstungsbeständen, die bereits einige Absterbeerscheinungen durch Wurzelschwammbefall oder eine hohe Befallsdisposition (mittlerer pH(H<sub>2</sub>O)-Wert des Oberbodens 5,5-7,0) aufweisen, empfiehlt sich eine kleinflächig differenzierte Pflegestrategie. Erstrebenswert ist nach wie vor eine Z-baumorientierte Auslesedurchforstung, jedoch sollte bei den Wertholzanzwartern ein Sicherheitsabstand von mindestens 20 m zu Befallsherden eingehalten werden. Falls die prognostizierten Kronenflächen der Z-Bäume im Zielstärkenalter die Produktionsfläche nicht ausfüllen, sind weitere Eingriffe in den Zwischenfeldern möglich. Diese dienen der Vorratspflege und erfolgen nur bei kostendeckenden Holzernteerlösen. Unabhängig davon ist eine Stubbenbehandlung mit biologischen Präparaten zwingend, da sich hierdurch neue Absterbelücken verhindern lassen (GREIG 1976). Sollte sich allerdings die Wirksamkeit derartiger Maßnahmen in der Praxis als unzureichend erweisen, ist die waldbauliche Strategie zu überdenken.

Für hochgradig befallsdisponierte Bestände (mittlerer pH(H<sub>2</sub>O)-Wert des Oberbodens >7,0) mit flächigen Auflösungserscheinungen wird aufgrund der hohen Risikokosten eine weitgehende Extensivierung der Bewirtschaftung empfohlen. Vorrangiges waldbauliches Ziel ist die Walderhaltung. Soweit es die Substratverhältnisse erlauben, sollten vorgezogenen Voranbaumaßnahmen mit standortgerechten und wurzelschwamm-toleranten Laubgehölzen durchgeführt werden. In Reihenfolge zunehmender standortökologischer Ansprüche bieten sich als Voranbaubaumarten auf Kippe an: Gemeine Birke, Traubeneiche, Stieleiche, Winterlinde, Hainbuche und mit Einschränkungen die Rotbuche (KNOCHE 2001). Im Gegensatz hierzu erweist sich die in Kippenrekultivierung weit verbreitete Roteiche als

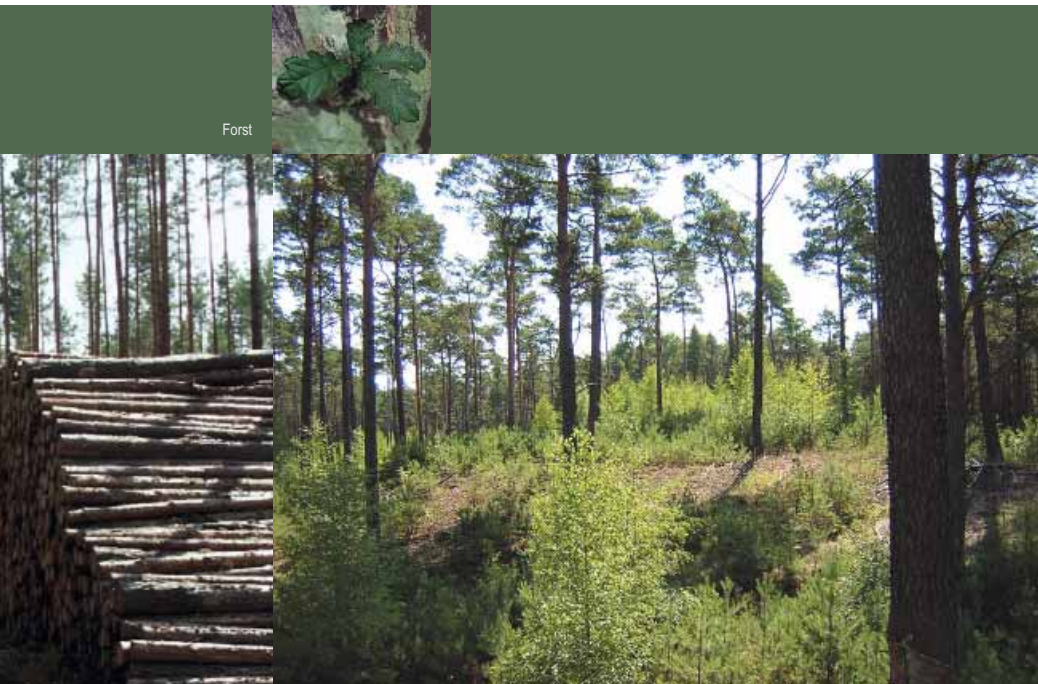
ungeeignet, da sie eine hohe Befallsdisposition gegenüber Wurzelschwamm aufweist (DELATOUR et al. 1998). In isolierten Absterbelücken <0,1 ha kann, sofern diese nicht vergrasen, auf Voranbaumaßnahmen verzichtet werden. Derartige Befallsflächen bieten Ansatzpunkte für eine natürliche Ansamung der Gemeinen Birke, in einigen Fällen auch der Robinie.

DR. DIRK KNOCHE

CHRISTOPH ERTLE

Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V.  
Finsterwalde

Forst



Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII

## Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung