



**Stefan Seegmüller und Michael Jochum**

**Beeinflussung der Holzqualität  
stärkeren Buchen-Stammholzes durch  
den Befall von Nutzholzkäfern –  
Eine orientierende Momentaufnahme**

**-Abschlussbericht-**

**Aus Mitteln des Holzabsatzfonds gefördert**

# **Gliederung**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>6</b>
2.1	Herkunftsbestände	6
2.2	Probebäume	8
2.3	Probeeinschnitt	11
2.4	Untersuchung der Brettware	13
2.4.1	Bohrlöcher	13
2.4.2	Artenspektrum	15
2.4.3	Ausbeuteverluste	16
2.4.4	Farbfehler	16
2.5	Statistische Auswertung	19
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>21</b>
3.1	Schnittholzschäden	21
3.2	Räumliche Verteilung der Schäden	24
3.2.1	Schadensverteilung entlang der Stammachse	24
3.2.2	Schadensverteilung nach Expositionen	26
3.3	Zusammenhänge mit äußeren Stammmerkmalen	27

<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Rundholz</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Schnittholzschäden</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Räumliche Verteilung der Schäden</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Zusammenhänge mit äußeren Stammmerkmalen</b>	<b>35</b>
<b>4.5</b>	<b>Wertung und Ausblick</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>40</b>

# 1 Einleitung

Seit etwa 2 Jahren sehen sich die Forstbetriebe in den Ardennen und der Gaume mit einer dem Schleimfluss ähnlichen Buchenkrankheit konfrontiert. Im Jahr 2000 wurden in der walonischen Region ca. 250.000 fm Buchenholz bei Sanitärhiebsen eingeschlagen. Für 2001 gehen die Wirtschaftler von einem Schaden in Höhe von ca. 1 – 1,3 Mio fm aus (EUROPÄISCHE ORGANISATION DER SÄGEWERKE, 2001, PANKERT, 2001, ANONYMUS, 2001). Auch in Rheinland-Pfalz, Luxemburg, Frankreich und auf der Schwäbischen Alb werden ähnliche Schäden beobachtet. So wird beispielsweise im laufenden Jahr im Hunsrück und in der Eifel mit einem Schadholtzanfall in Höhe von ca. 7.000 fm gerechnet (EISENBARTH, 2001).

Der Schleimfluss der Buche wird mit Buchenwollschildlaus-bedingten Rindennekrosen in Verbindung gebracht (LONSDALE, 1980, PETERCORD, 2001). In diesem Zusammenhang traten holzbrütende Käfer bisher vor allem als Sekundärschädlinge auf (SCHWERDTFEGER, 1981). Neuerdings wird jedoch ein massiver Befall holzbrütender Käfer auch an äußerlich gesund erscheinenden Bäumen beobachtet und als „Buchenkomplexkrankheit“ bezeichnet (DELB, 2001, EISENBARTH *et al.*, 2001). Dementsprechend waren die Holzbrüter in der Vergangenheit als qualitätsminderndes Problem der Rundholzlagerung bekannt, während seit 2001 auch bei frisch eingeschlagenem Buchenholz mit Qualitätseinbußen gerechnet werden muss (EUROPÄISCHE ORGANISATION DER SÄGEWERKE, 2001). Dies hat bei den Buchenholzverarbeitern zu erheblichen Verunsicherungen geführt.

In diesem Zusammenhang kommt neben dem Bohrkäfer (*Hylecoetus dermestoides*) dem Laubnutzholzborkenkäfer (*Trypodendron domesticum*) eine besondere Bedeutung zu. Der Laubnutzholzborkenkäfer befällt verschiedene Laubbaumarten, hauptsächlich jedoch die Buche (SCHWERDTFEGER, 1981). Er wird primär von Ethanol-Ausdünstungen potentieller Wirtsbäume in Verbindung mit deren Stammsilhouette angelockt (KERCK, 1976). Die Aggregation wird durch das für Trypodendronarten spezifische Lineatin verstärkt (KLIMETZEK *et al.*, 1980). Die Käfer bohren sich mit einer Eingangsröhre radial in den Stamm und legen in einer Tiefe von selten mehr als 8 cm einen den Jahrringen folgenden Brutgang an, von dem die Larvenwiegen in Faserrichtung nach oben und unten abzweigen (VITÉ, 1952). In diesem Brutbild lebt er in Symbiose mit sogenannten Ambrosiapilzen, die in der Regel aus der Gattung Moniliales (Bläuepilze) stammen (VITÉ, 1952, SCHWERDTFEGER, 1981).

Aufgrund seiner Lebensweise entwertet der Laubnutzholzborkenkäfer das befallene Holz technisch (VITÉ, 1952). So lässt die DIN 68 369 selbst in der Güteklasse III Insektenfraß (Wurmbefall) nur in geringem Maße zu (Rotbuche-Blockware; DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1988). Die Ambrosiapilze färben nach einiger Zeit die Wände der Gangsysteme dunkel (VITÉ, 1952). Darüberhinaus ist mit Bläue zu rechnen. So breiten sich in ähnlicher Art und Weise beispielsweise die mit dem Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum*) in Verbindung stehenden Bläuepilze der Fichte mit der Folge ästhetischer Schäden rasch im Holz aus (GRAF, 1993). Außerdem können durch die Brutbilder analog *Gleoeophyllum commune* im *T. lineatum*-geschädigten Fichtenholz holzerstörende Pilze in das Buchenholz eindringen. (GRAF, 1993).

Dementsprechend erkennt VITÉ (1952) die Nutzholzborkenkäfer als bedeutende Holzschädlinge an. Allerdings wurden die technischen Schäden des Laubnutzholzborkenkäfers für das Schnittholz bisher noch nicht analysiert. Darüberhinaus fehlen Informationen zum zeitlichen Schadensfortschritt stehend käferbefallenen Buchenholzes. Untersuchungen finden sich lediglich zur monetären Bedeutung des Nutzholzborkenkäfers (*T. lineatum*) für Schnittholz von Douglasie, Hemlocktanne und Lebensbaum (ORBAY *et al.*, 1994). Vor diesem Hintergrund soll in der vorliegenden empirischen Studie<sup>©</sup> im Anhalt an die Arbeit von BLOCK *et al.* (1997) die Auswirkung der holzbrütendem Insekten auf die Qualität von Buchenschnittholz und die Entwicklung der Schäden im Laufe der Zeit orientierend dargestellt werden. Im Mittelpunkt stehen einerseits die technischen Schäden durch Käferlöcher und andererseits die ästhetischen Schäden durch käferbedingte Holzverfärbungen. Insbesondere wird untersucht, welche Schäden auftreten und in wie weit sich die Schäden zu Herbst hin verändert haben.

Zu diesem Zweck wurde einerseits die Verteilung der Bohrlöcher im Buchenschnittholz über das Stammvolumen und exemplarisch die käferbedingte Holzverfärbung an 2 Zeitpunkten im Sommer und Herbst 2001 erhoben. Darauf aufbauend werden die Ausbeuteverluste durch holzbrütende Käfer mengenmäßig geschätzt. Daneben wird die Möglichkeit der Vorhersage der Schnittholzentwertung anhand von Baumcharakteristika beleuchtet.

---

<sup>©</sup> Die vorliegende Studie wurde aus Mitteln des Holzabsatzfonds gefördert.

## 2 Material und Methoden

Um die Käferschäden an stehend befallenen stärkeren Buchen-Stamm- und –Schnittholz orientierend einzuschätzen, wurden Buchen mit den Symptomen der Buchen-Komplexkrankheit (EISENBARTH *et al.*, 2001) gefällt und eingeschnitten (Kap. 2.1 – 2.3). Die Blockware wurde hinsichtlich technischer Schäden durch Käferlöcher und ästhetischer Schäden durch käferbedingte Verfärbungen analysiert (Kap. 2.4). Die Ergebnisse wurden zu Stammmerkmalen in Beziehung gesetzt (Kap. 2.5).

### 2.1 Herkunftsbestände

Die Bäume der vorliegenden Untersuchung stammen aus 4 Beständen in 2 Forstämtern des westlichen Hunsrücks (Tab. 1). Alle Bestände stocken in der montanen Stufe des Wuchsbezirks 07.06.03 „Hoch- und Idarwald“ (Tab. 1; FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997). Diese Region zeichnet sich als Mittelgebirge mit SW-NO-streichenden Waldrücken durch ein kühlgemäßigtes, ziemlich feuchtes Klima atlantischer Prägung aus. Insbesondere die Sommer sind mäßig bis ziemlich niederschlagsreich (Tab. 1; ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG, 1985).

Dementsprechend wurden alle Bestände bei Jahresniederschlägen über 950 mm (sehr niederschlagsreich) als ziemlich frisch bis frisch eingestuft (Tab. 1; FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997). Diese Klimacharakteristika entsprechen weitgehend den Ansprüchen der Rotbuche (KRAMER, 1988). So sieht auch der ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1985) den Hainsimsen-Buchenwald mit Birkenbrüchen bzw. den Hainsimsen-Traubeneichen/Buchenwald als potentiell natürliche Vegetation des Idar- und Hochwaldes an.



**Abb. 1:** Abt. 94 a, Revier Thiergarten im Forstamt Hermeskeil.

Die Abt. 94 a zeigt exemplarisch das Erscheinungsbild der in dieser Studie berücksichtigten Buchenbestände. Die Bestandeskennwerte können der Tab. 1 entnommen werden.

Forstamt	Saar-Hochwald		Hermeskeil	
Bestand	Abt. 132 a	Abt. 147 a	Abt. 94 a	Abt. 108 a
Höhe ü NN (m)	570-645	630-695	600-670	630-670
Exposition	SO	N	NW	NW
Hangneigung	$\frac{5-24}{10}$	$\frac{3-12}{6}$	$\frac{4-12}{6}$	$\frac{4-8}{7}$
Wasserhaushalt*	ziemlich frisch	ziemlich frisch	frisch	frisch
Nährstoffversorgung*	mesotroph	mesotroph	mesotroph	mesotroph
Baumarten <sup>+</sup>	Bu, Fi	Bu	Bu, Fi	Bu
Entstehung	Naturverjüngung	Naturverjüngung	Naturverjüngung	Naturverjüngung
Alter (Jahre)	$\frac{137-157}{147}$	$\frac{112-122}{117}$	$\frac{104-170}{137}$	$\frac{136-164}{150}$
Bestockungsgrad	0,8	0,8	0,9	0,8
Ertragsklasse <sup>§</sup>	III,0	III,0	III,0	II,5

\* Herleitung entsprechend ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (1996); <sup>+</sup> nur Hauptbestand; <sup>§</sup> nach SCHOBER (1967): Rotbuche mäßige Durchforstung (in: SCHOBER, 1987).

**Tab. 1:** Bestandescharakteristika der 4 Herkunftsbestände käferbefallener Buchen.

Die Daten wurden den Einrichtungswerken der Forstämter Saar-Hochwald bzw. Hermeskeil (FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997) entnommen.

Die Bestände dieser Studie waren i. d. R. nahezu geschlossene Buchen-dominierte Baumhölzer auf schwach bis mittel geneigten Hängen (Tab. 1; Abb. 1; FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997). Trotz unterschiedlicher Expositionen wurden alle Bestände dieser Studie der II,5.-III,0. Ertragsklasse zugeordnet (Tab. 1; FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997). Ent-

sprechend ihrem Alter wurden sie als mittelstarke Baumhölzer (Forstamt Saar-Hochwald, Steinberg Abt. 147 a) bzw. starke Baumhölzer (alle übrigen Bestände) eingestuft (Tab. 1; FORSTDIREKTION KOBLENZ, 1993, 1997).

## 2.2 Probebäume

In den 4 beschriebenen Beständen der Forstämter Saar-Hochwald und Hermeskeil waren einzelne Buchen von Borkenkäfern befallen. Nach okularer Schätzung waren in keinem der begutachteten Waldstücke mehr als 10 % der Buchen betroffen. Unter diesen wurden Ende Juli 2001 aufgrund statistischer Vorüberlegungen insgesamt 20 Bäume mit Beschränkung auf den hiebsreifen oder nahezu hiebsreifen Durchmesserbereich ausgewählt, die entsprechend örtlichen Erfahrungen unterschiedliche Käferschäden aufwiesen. Alle Bäume waren nach äußerer Begutachtung außer dem Käferbefall gesund. Unter diesen 20 Bäumen wurden per Zufallsauswahl 10 für den Sommereinschlag Anfang August und 10 für den Herbsteinschlag Ende Oktober ausgewählt (Tab. 2). Die eingeschränkte Baumzahl erlaubt der Arbeitskapazität entsprechende orientierende Einblicke in die Zusammenhänge der Stamm- und Schnittholzschäden und wird als Grundlage angesehen, auf der weitere Untersuchungen aufbauen können.

Vor dem Einschlag wurde die Nordrichtung aller Stämme als grundlegende Information für die weiteren Untersuchungen dauerhaft markiert. Die Einschlagszeitpunkte waren so gewählt, dass einerseits das Brutgeschäft der holzbrütenden Borkenkäfer abgeschlossen war (Einschlag Anfang August) und andererseits die Winterruhe sowohl der Käfer als auch holzzerstörender Pilze (Einschlag Ende Oktober) eingetreten war. Dementsprechend gibt insbesondere die Herbstuntersuchung einen Eindruck der käferbedingten Buchenschäden des Jahres 2001.

Im Durchschnitt waren die Buchen mit ca. 49 cm BHD nahezu hiebsreif (Tab. 2; MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN, 1993). Auch wenn im Sommer mit ca. 17 m<sup>3</sup> ca. 15 % mehr Holz für die Untersuchungen berücksichtigt wurde als im Herbst mit ca. 14 m<sup>3</sup>, zeigen die durchschnittlichen Brusthöhendurchmesser der beiden Einschlagstermine von 51 cm bzw. 47,5 cm (Sommer bzw. Herbst), dass die Stämme ähnliche Dimensionen besaßen (Tab. 2).



<b>Bestand</b>	<b>Einschlag</b>	<b>Bäume (N)</b>	<b>BHD* (cm<sub>o.R.</sub>)</b>	<b>Holzvolumen (m<sup>3</sup><sub>o.R.</sub>)</b>
Steinberg	Sommer	1	73,0 (-)	3,19
Abt. 132 a	Herbst	1	54,0 (-)	1,77
Steinberg	Sommer	6	41,7 (13)	5,94
Abt. 147 a	Herbst	6	43,5 (14)	6,20
Thiergarten	Sommer	1	60,0 (-)	2,51
Abt. 94 a	Herbst	0	-	-
Thiergarten	Sommer	2	63,5 (10)	5,39
Abt. 108 a	Herbst	3	53,3 (2)	6,35
<b>Summe</b>	<b>Sommer</b>	<b>10</b>		<b>17,03</b>
	<b>Herbst</b>	<b>10</b>		<b>14,32</b>
	<b>Gesamt</b>	<b>20</b>		<b>31,72</b>
<b>Mittelwert<sup>§</sup></b>	<b>Sommer</b>		<b>51,0<sup>A</sup> (26)</b>	
	<b>Herbst</b>		<b>47,5<sup>A</sup> (14)</b>	
	<b>Gesamt</b>		<b>49,2 (21)</b>	

\* Werte in Klammern geben den Variationskoeffizienten (prozentuale mittlere Abweichung vom Mittelwert) an;  
<sup>§</sup> Entsprechend den Indices (A) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Sommer- und Herbsteinschlag festgestellt werden.

**Tab. 2:** Probestämme für die Untersuchung des Käferbefalls stehender Rotbuchen.

Jeweils 4 Buchen des Sommer- und des Herbsteinschlags wiesen entsprechend der Begutachtung der wasserstrahlentrindeten Erdstammstücke (vgl. Kap. 2.4.1) Weißfäule auf (Tab. 3). Alle Stämme waren durch Käferbefall geschädigt. Allerdings variierten die Schäden zwischen insgesamt ca. 40 und über 2.400 Einbohrversuchen auf dem 3 m langen Erdstammstück. Dementsprechend konnte zwischen dem Sommerbefall mit durchschnittlich ca. 200 Einbohrlöchern / Erdstammstück  $\pm$  67 % und dem Herbstbefall mit durchschnittlich ca. 430 Einbohrlöchern / Erdstammstück  $\pm$  172 % ebensowenig wie hinsichtlich der Befallsdichte von über 50 Einbohrversuchen / m<sup>2</sup>  $\pm$  80 % im Sommer und über 100 Einbohrversuchen / m<sup>2</sup>  $\pm$  173 % im Herbst ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Einschlagsterminen beobachtet werden, obwohl sich die jeweiligen Mittelwerte der beiden Termine um den Faktor 2 unterschieden (Tab. 3).

<b>Bestand</b>	<b>Einschlag</b>	<b>Einbohrlöcher (n / Erdstammstück)</b>	<b>Befallsdichte<sup>+</sup> (n / m<sup>2</sup>)</b>	<b>Weißfäule # (n)</b>	<b>Bäume (N)</b>
Steinberg	Sommer	47,0 (-)	7,7 (-)	-	1
Abt. 132 a	Herbst	201,0 (-)	39,5 (-)	1	1
Steinberg	Sommer	276,3 (38)	78,8 (44)	2	6
Abt. 147 a	Herbst	582,5 (163)	147,7 (156)	2	6
Thiergarten	Sommer	181,0 (-)	34,9 (-)	-	1
Abt. 94 a	Herbst	-	-	-	0
Thiergarten	Sommer	48,0 (26)	8,4 (16)	2	2
Abt. 108 a	Herbst	195,0 (46)	39,7 (45)	1	3
<b>Summe</b>	<b>Sommer</b>			<b>4</b>	<b>10</b>
	<b>Herbst</b>			<b>4</b>	<b>10</b>
	<b>Gesamt</b>			<b>8</b>	<b>20</b>
<b>Mittelwert<sup>§</sup></b>	<b>Sommer</b>	<b>198,2<sup>A</sup> (67)</b>	<b>53,2<sup>a</sup> (80)</b>		
	<b>Herbst</b>	<b>428,1<sup>A</sup> (172)</b>	<b>104,5<sup>a</sup> (173)</b>		
	<b>Gesamt</b>	<b>313,2 (168)</b>	<b>78,8 (165)</b>		

\* Werte in Klammern geben den Variationskoeffizienten an; <sup>+</sup> Anzahl der Einbohrversuche je m<sup>2</sup> Stammoberfläche; <sup>#</sup> Anzahl der Stämme mit Weißfäule auf dem Erdstammstück; <sup>§</sup> Entsprechend den Indices (A bzw. a) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Sommer- und Herbsteinschlag festgestellt werden.

**Tab. 3:** Äußerlich erkennbare Insektenschäden und Pilzerkrankungen der entrindeten Erdstammstücke – Mittelwerte.

Die Einbohrlöcher auf der Stammoberfläche wurden entsprechend Kap. 2.4.1 gezählt. Die Weißfäule wurde lediglich qualitativ angesprochen. Die mittleren Anzahlen der Einbohrversuche und der Befallsdichte wurden mittels Mann-Whitney-U-Test auf signifikante Unterschiede überprüft, weil die betreffenden Stichprobenwerte nicht normal verteilt waren.

Alle Stämme wurden bis unter die Krone in drei bzw. vier 3 m -Abschnitte eingeteilt. Dementsprechend standen für die Untersuchung insgesamt 70 Stammabschnitte zur Verfügung. 37 davon wurden im Sommer und 33 im Herbst untersucht (Tab. 4). Entsprechend ihren tendenziell größeren Baumdimensionen wiesen die Abschnitte des Sommereinschlags etwas größere Mittendurchmesser und Stückmassen als die des Herbsteinschlags auf. Die Kennwerte unterschieden sich aber nicht signifikant. Dementsprechend erlaubten die Stammabschnitte die Einschätzung von Käferbefall und Schadensfortschritt bis in eine Baumhöhe von 12 m.

Abschnitt		0-3 m	3-6 m	6-9 m	9-12 m
Anzahl	Sommer	10	10	10	7
	Herbst	10	10	10	3
	<b>Summe</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
Mittendurchmesser* (cm <sub>o.R.</sub> )	Sommer	47 (26)	42 (26)	41 (25)	42 (27)
	Herbst	44 (15)	41 (15)	39 (15)	43 (21)
	<b>Mittel</b>	<b>46 (21)</b>	<b>42 (21)</b>	<b>42 (22)</b>	<b>42 (21)</b>
Stückmasse* (m <sup>3</sup> <sub>o.R.</sub> )	Sommer	0,56 (51)	0,45 (52)	0,41 (50)	0,44 (50)
	Herbst	0,47 (29)	0,43 (29)	0,40 (28)	0,48 (10)
	<b>Mittel</b>	<b>0,51 (43)</b>	<b>0,44 (42)</b>	<b>0,41 (40)</b>	<b>0,45 (42)</b>

\* Durchschnittswerte, Werte in Klammern geben die Variationskoeffizienten an.

**Tab. 4:** Stammabschnitte der Probebäume zur Untersuchung der Holzentwertung durch Käferbefall.

Alle Stämme wurden bis unter die Krone in 3-m-Abschnitte eingeteilt. Mittendurchmesser und Stückmasse der Abschnitte aus 9-12 m Höhe erhöhen sich rechnerisch gegenüber den darunterliegenden Abschnitt, weil nur aus den 10 stärksten Buchen die Viertlängen gewonnen werden konnten.

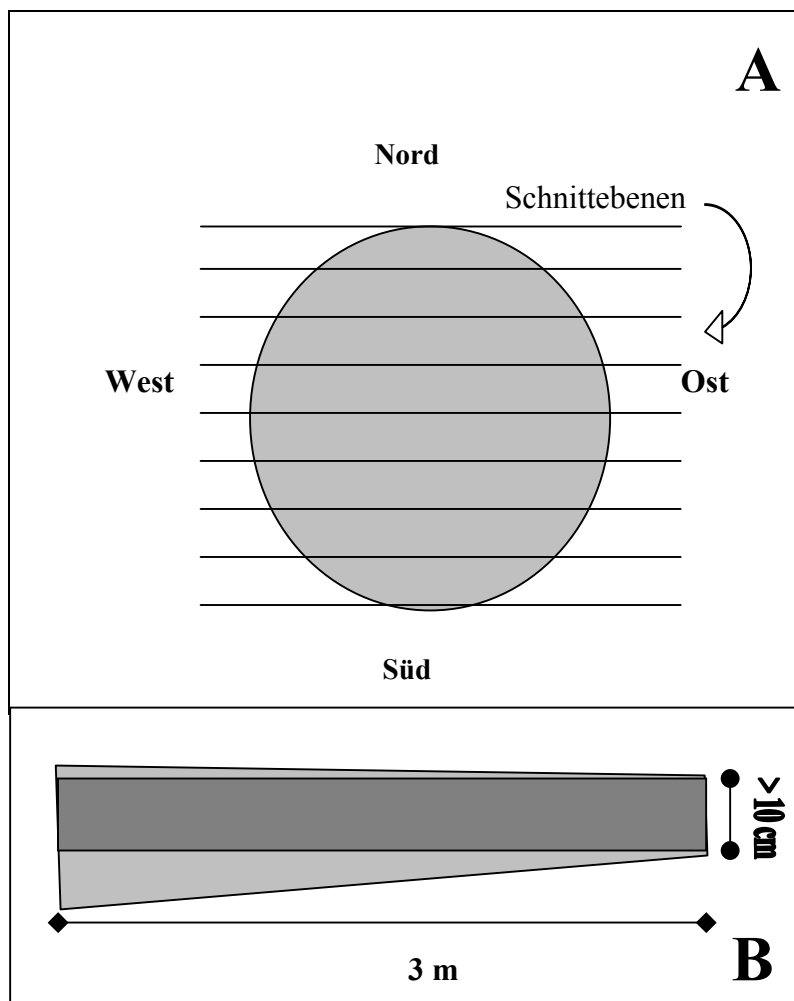
## 2.3 Probeeinschnitt

Die Stammabschnitte wurden nach dem Einschlag unverzüglich am 13.08.2001 (Sommeruntersuchung) bzw. 30.10.2001 (Herbstuntersuchung) beim Forsttechnischen Stützpunkt Hermeskeil<sup>©</sup> gesägt, so dass lagerbedingte Stammholzschäden oder -krankheiten ausgeschlossen werden können. Für den Einschnitt stand eine mobile Bandsäge (Typ Wimmer-Säge 110, Aschau, Deutschland) mit ca. 2 mm Schnittfuge zur Verfügung. Die Stammabschnitte wurden zu unbesäumter 32 mm Brettern eingeschnitten und unmittelbar nach dem Einschnitt mit 10 mm Stapelleisten zu Blockware aufgesetzt. Den unterschiedlichen Stammdurchmessern entsprechend wurden aus jedem Stammabschnitt 10 Bretter ± 31 % gewonnen.

<sup>©</sup> Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz bedankt sich beim Forsttechnischen Stützpunkt Hermeskeil für die Unterstützung bei der Durchführung der Studie.

Abschnitt	Bretter (N)	
	Sommer	Herbst
Erdstammstück	106	108
Zweitlänge	104	97
Drittlänge	94	93
Viertlänge	68	30
<b>Summe</b>	<b>372</b>	<b>328</b>

**Tab. 4:** Anzahl der Bretter zur Beurteilung der käferbedingten Schnittholzentwertung aus den Stammabschnitten unterschiedlicher Baumhöhe.



**Abb. 2:** Schema des Blockeinschnitts der Buchenabschnitte (A) und der waldkantenfreien Mindestmaße der untersuchten Bretter (B).

Die Nordrichtung aller Stammteile wurde vor der Fällung bzw. vor der Einteilung dauerhaft markiert (vgl. Kap. 2.2). Die Stammteile wurden auf der Säge so ausgerichtet, dass sie parallel zu Ost-West-Richtung eingeschnitten wurden (A).

In der Untersuchung wurden entsprechend der Praxisorientierung nur die mindestens 10 cm breiten Bretter berücksichtigt (B).

Alle Stammabschnitte wurden parallel zur Ost-West-Richtung der stehenden Bäume bearbeitet (Abb. 2 A). Für die Schnittholzuntersuchungen wurden die Schwarten verworfen. Lediglich die Bretter mit mindestens 10 cm breiter rindenfreier Brettoberfläche auf der schmalen Brettseite wurden verwendet (Abb. 2 B). Insgesamt wurden 700 Bretter in die Schnittholzuntersuchung einbezogen (Tab. 4). Entsprechend der etwas größeren Zahl von Viertlängen in der Sommeruntersuchung wurden im Sommer mit 372 mehr Bretter berücksichtigt als im Herbst mit 328 (Tab. 4).

## **2.4 Untersuchung der Brettware**

Alle Bretter wurden hinsichtlich der technischen Schäden durch Bohrlöcher und der ästhetischen bzw. technischen Schäden durch käferbedingte Verfärbungen und Fäuleerscheinungen begutachtet. Die Untersuchungen schlossen sich unmittelbar an den Sommer- bzw. Herbstschnitt an, so dass die Ergebnisse nicht durch Lagerschäden wie Einlauf oder Vergrauung beeinflusst wurden.

### **2.4.1 Bohrlöcher**

Die Einbohrlöcher wurden einerseits auf der Stammoberfläche der Erdstammstücke und andererseits auf dem Schnittholz aller Stammabschnitte gezählt (Abb. 3 A, B). Die Erdstammstücke wurden zur Begutachtung mit einem Hartwasserstrahl<sup>©</sup> (400 bar; Weidner Waschboy 400-E, Weiden, Deutschland) entrindet. Die Zahl der Einbohrlöcher wurde als Befallsdichte auf die Stammoberfläche der Erdstammstücke bezogen.

Jedes Brett wurde vom unteren Ende her in drei 1-m-Sektionen eingeteilt. In jeder Sektion wurde die Anzahl der Bohrlöcher bzw. Fraßbildkomplexe gezählt. Diese Daten wurden jeweils nur auf der schmalen Brettseite erhoben, weil eine Voruntersuchung gezeigt hatte, dass sich die schmale Brettseite nicht signifikant von der nur durch die Schnittfuge von ihr

---

<sup>©</sup> Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz bedankt sich an dieser Stelle bei der Firma CDN-Naturhaus GmbH, Hermeskeil, Deutschland, für die kostenfreie Unterstützung bei der Holzentrindung.

getrennten breiten Brettseite des sie deckenden nächst schmaleren Brettes unterschied (Tab. 5).



**Abb. 3:** Einbohrlöcher auf der Stammoberfläche (A) und der Schnittfläche von Buchenbrettern (B) aus dem Hunsrück.

Die Einbohrversuche bzw. Bohrlöcher wurden zur Vereinfachung der anschließenden Aufnahme mit Stecknadeln markiert.

Kennwert	Mittlere Differenz ( $\bar{d}_{xi}$ )	Standardabweichung ( $s_{dxi}$ )	t-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit (p)
Bohrlöcher/Brett	0,73	4,56	0,529	0,613
Tiefstes Loch links*	-1,27	1,49	2,837	0,170
Tiefstes Loch rechts*	-0,18	0,40	1,491	0,164
Verwertbare Länge	8,18	21,36	1,27	0,231

\* vom unteren Brettende aus gemessen (vgl. Kap. 2.4.3)

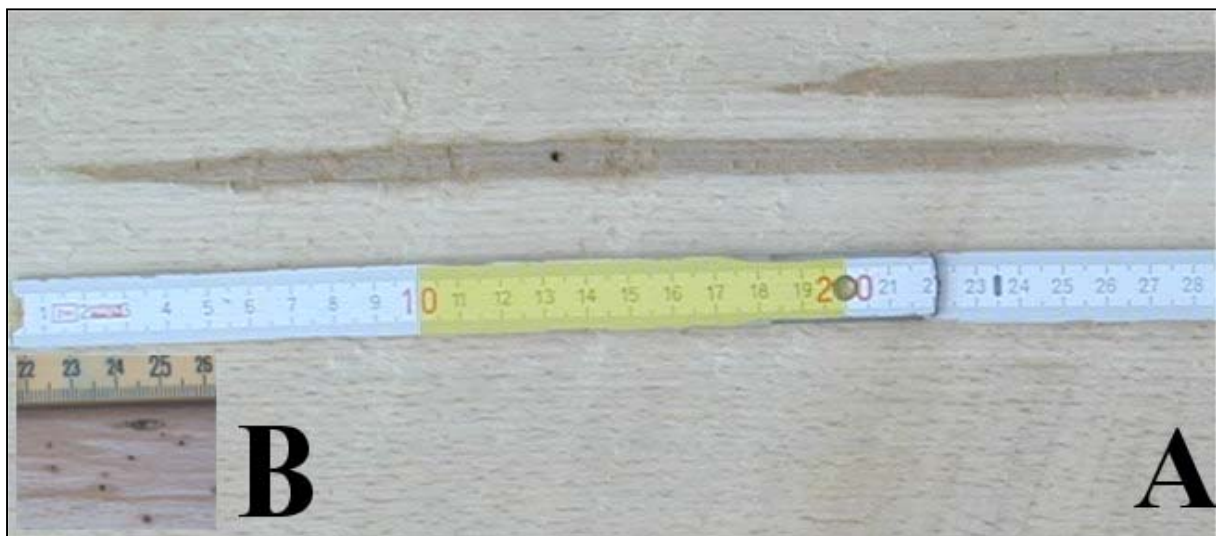
**Tab. 5:** Überprüfung von Unterschieden zwischen den Kennwerten von Brettoberflächen, die nur durch eine 2 mm-Schnittfuge voneinander getrennt waren.

Um zu überprüfen, ob sich die Brettoberflächen, die nur durch eine Schnittfuge voneinander getrennt waren, signifikant voneinander unterschieden, wurden die Kennwerte der schmalen Brettseiten und der sie deckenden breiten Brettseiten des nächste schmalere Brettes von 11 Brettpaaren aufgenommen und in einem paarweisen t-Test miteinander verglichen. Für keinen der Kennwerte konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der schmalen und der benachbarten breiten Brettseite festgestellt werden.

Mit der Gesamtzahl der Bohrlöcher je Brett (Schnittholz-Befallsdichte) wurden die Bretter entsprechend DIN 68 369 „Rotbuche-Blockware“ sortiert (DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1988). Diese DI-Norm lässt für die Güteklassen I und II keinen Wurmbefall und in der Güteklasse III nur „in geringem Umfang“ zu (DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 1988). Als gering befallen wurden in der vorliegenden Studie Bretter mit bis zu 6 Käferlöchern normativ definiert. Andere Sortierkriterien wurden nicht berücksichtigt. Daneben wurden mit Hilfe der rechnerisch maximalen Brettvolumina (vgl. Kap. 2.4.3) die volumengewichtete mittlere Schnittholzbefallsdichte hergeleitet.

## 2.4.2 Artenspektrum

Zur Abschätzung der an der Holzentwertung beteiligten Käferarten wurden einerseits die Einbohrversuche auf der Stammoberfläche der Erdstammstücke und andererseits die Brutbilder auf den Brettern begutachtet und getrennt nach Käferarten entsprechend Kap. 2.4.1 quantitativ erfasst (Abb. 4 A, B).



**Abb. 4:** Einbohrlöcher von *Trypodendron domesticum* L. (A) und *Hylecoetus dermestoides* L. (B) auf Buchenschnittholz.

*T. domesticum* und *H. dermestoides* waren die bedeutendsten Holzschädlinge in dieser Studie (vgl. PETERCORD, 2002). *T. domesticum* legt ausgehend von einem radialen Muttergang tangentielle Brutgänge mit Larvenwiegen in Faserrichtung an. Das Erscheinungsbild des Brutsystems hängt vom Anschnittwinkel des Brettes ab. Es ist in der Regel durch symbiotische Ambrosiapilze dunkel gefärbt (Abb. 4 A). Die Durchmesser der meist hellen Larvengänge von *H. dermestoides* waren im Beobachtungszeitraum wie im Vergleich von Abb. 4 A und B ca. 1 Größenordnung kleiner als bei *T. domesticum* und mäandrierten unregelmäßig durch den Holzkörper. Weiterführende Informationen finden sich bei PETERCORD (2002).

Die meisten Einbohrversuche auf der Oberfläche der Erdstammstücke stammten von *Trypodendron domesticum* (ca. 69 %), während *Hylecoetus dermestoides* mit 31 % weniger bedeutend war. Andere Käferarten wurden nur vereinzelt nachgewiesen. Die Larven und Imagos wurden exemplarisch den Brutbildern entnommen und bestimmt. Mit ihrer Hilfe wurden qualitative Aussagen über die an der Schnittholzentwertung beteiligten Käferarten gemacht. Diesbezügliche Ergebnisse werden durch PETERCORD (2002) veröffentlicht.

### **2.4.3 Ausbeuteverluste**

Für jedes Brett wurde aus der Breite der oberen Schmalseite, der Länge und der Brettdicke das Volumen hergeleitet. Auf dieses rechnerisch maximale Volumen wurde die tatsächlich verwertbare Ausbeute bezogen. Für die Schätzung der tatsächlich möglichen Ausbeute wurden die tiefsten Bohrlöcher von jeder Seite eingemessen und mit ihrer Hilfe das innere unbefallene Brettvolumen kalkuliert. Bretter wurden dann als vollständig entwertet angesehen, wenn ihr unbefallener Bereich kleiner als 1,50 m \* 10 cm (L \* B) maß.

Im Rahmen dieser Studie wurden nur die Bohrlöcher als Sortierkriterium berücksichtigt. Das Ergebnis war der Anteil der verwertbaren Ausbeute am rechnerisch maximal Möglichen (Relative Ausbeute). Mit Hilfe der rechnerisch maximalen Brettvolumina wurde ferner die volumengewichtete mittlere relative Ausbeute der Erdstammstücke hergeleitet.

### **2.4.4 Farbfehler**

Zur repräsentativen Beurteilung der Farbfehler wurden sowohl in der Sommer- als auch in der Herbstuntersuchung die Bretter je eines stark und eines schwach befallenen Baumes begutachtet (Tab. 6; vgl. Kap. 2.4.1). Für die Verfärbungsansprache wurden die Bretter aller Stammabschnitte stichprobenweise mit einer Digitalkamera (Olympus Camedia C-2000 ZOOM, Olympus Optical Co. (Europa) GmbH, Hamburg, Deutschland) mit einem F2-F2,8 Objektiv bei einer Brennweite von 6,5 mm mit TTL-Autofokus aus 120 cm Höhe senkrecht zur Brettoberfläche aufgenommen. Die Fotos wurden als TIFF-Dateien mit einer Bildauflösung von 1.600 x 1.800 Bildpunkten gespeichert.



Untersuchungstermin	Sommer		Herbst	
<b>Baum-Nr.</b>	22	32	12	15
<i>T. domesticum</i>	395	39	784	44
<b>Einbohrversuche (N)</b> <i>H. dermestoides</i>	0	0	5	0
<b>Summe</b>	<b>395</b>	<b>39</b>	<b>789</b>	<b>44</b>
<i>T. domesticum</i>	116,5	7,4	231,2	10,2
<b>Befallsdichte (n / m<sup>2</sup>)</b> <i>H. dermestoides</i>	0	0	1,5	0
<b>Summe</b>	<b>116,5</b>	<b>7,4</b>	<b>232,7</b>	<b>10,2</b>

**Tab. 6:** Einbohrversuche und Befallsdichte auf den Erdstammstücken je einer stark bzw. schwach von holzbrütenden Borkenkäfern befallenen Buche.

Die Erdstammstücke wurden entsprechend Kap. 2.4.1 mit einem Hartwasserstrahl entrindet. Die Einbohrversuche wurden gezählt und als Befallsdichte auf die Stammoberfläche bezogen.

Als systematische Stichproben wurden die gesamte Brettbreite umfassende Bereiche bei den Brettlängen von 40-60 cm, 140-160 cm und 240-260 cm vom unteren Brettende her aufgenommen. Dies entspricht einem Aufnahmeanteil von ca. 20 %. Wie eine Vorstudie zeigte, führte die Stichprobenaufnahme zu vergleichbaren Ergebnissen wie eine Vollaufnahme (Tab. 7).

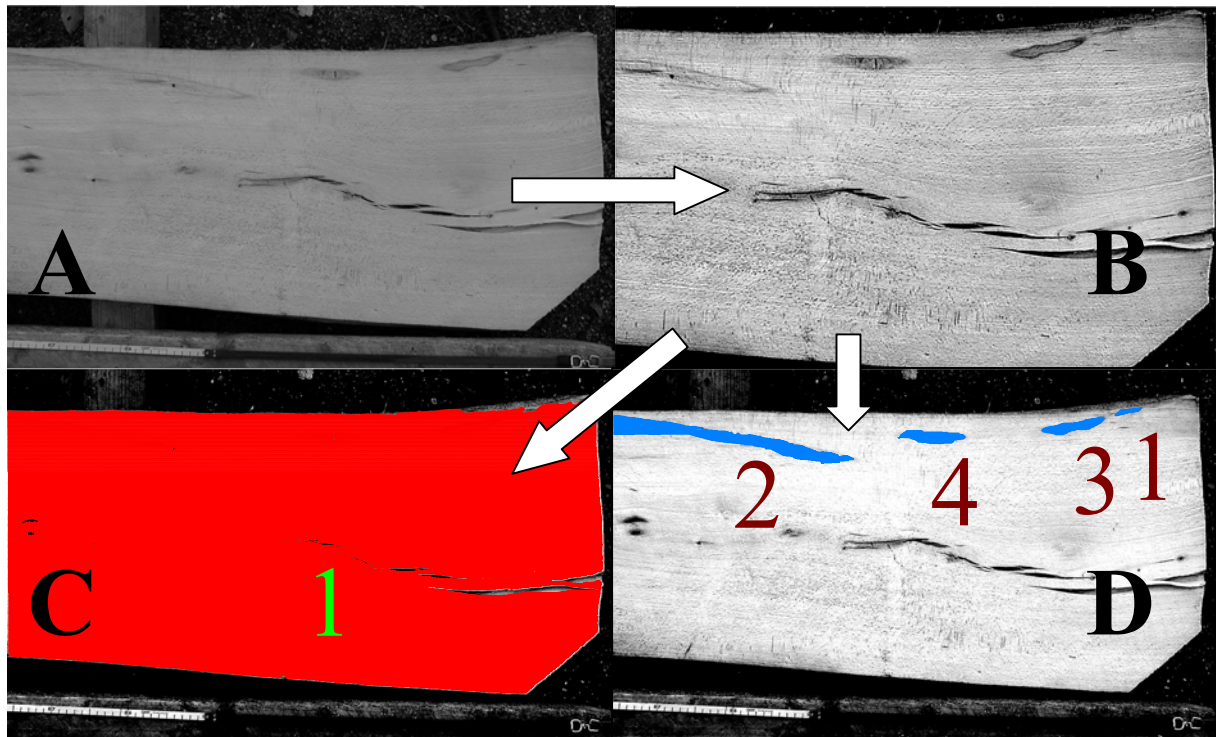
Erhebung	Mittelwert*	Freiheitsgrad	t-Wert	p
Vollaufnahme	1,24			
Stichproben	1,54 (101)	5		
<b>Differenz</b>	<b>-0,297</b>	<b>5</b>	<b>-0,456</b>	<b>0,661</b>

\* der Wert in Klammern gibt den Variationskoeffizienten des Stichprobenmittelwertes an.

**Tab. 7:** Vergleich der anteiligen käferbedingten Schnittholzverfärbung aus Vollaufnahme bzw. auf Stichprobendaten basierend.

6 zufällig ausgewählte Bretter mit käferbedingten Farbschäden wurden hinsichtlich des Anteils der Verfärbung an der Gesamtoberfläche der Bretter einerseits voll aufgenommen und andererseits mit einem Stichprobenkonzept untersucht. Für die Stichproben wurden Brettabschnitte in den Bereichen 40-60 cm, 140-160 cm und 240-260 cm vom unteren Brettende her über die ganze Brettbreite analysiert. Das Aufnahme prozent lag bei ca. 20. Die 3 Stichproben je Brett wurden gemittelt. Diese Daten wurden mit dem Mittelwert der Vollaufnahme in einem t-Test verglichen. Offensichtlich unterscheiden sich die Mittelwerte des Anteils verfärbter Flächen der 5 untersuchten Bretter aus der Stichprobenaufnahme nicht signifikant von der Vollaufnahme.

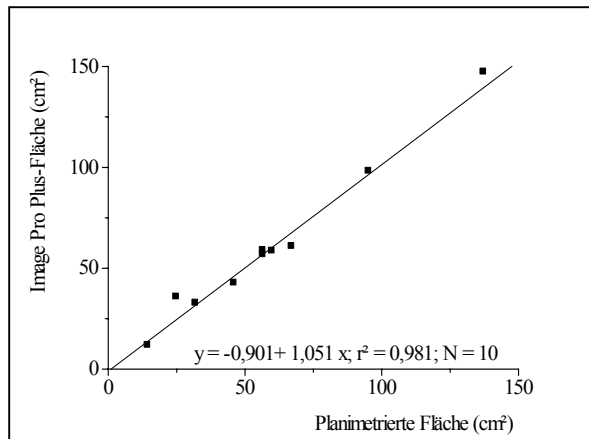
Die Fotos der Bretter wurden mit einem Image Pro Plus<sup>®</sup>-Bildverarbeitungsprogramm (Media Cybernetics, Silver Spring, MD, USA) ausgewertet. Zu diesem Zweck wurden die Fotos durch Kontrastmaximierung optimal ausgeglichen und die Kanten mittels unscharfer Maskentechnik geschärft (Abb. 5 A und 5 B). Nach dieser Vorbereitung wurden mit einem automatisierten Spurensucher die Messbereiche umgrenzt und für jeden Messbereich ein Schwellenwert festgelegt (Abb. 5 C und 5 D). Nach der Bildbearbeitung wurden die Fotos anhand der mitfotografierten Maßstäbe kalibriert und die Flächen computergestützt vermessen.



**Abb. 5:** Graustufenbild eines käferbefallenen Brettes (A), optimiertes Foto (B), markierte Messbereiche zur Erhebung der Gesamtfläche (C) und der käferbedingt verfärbten Fläche (D).

Die Fotos wurden als TIFF-Dateien mit einem Image Pro Plus<sup>®</sup> Bildverarbeitungsprogramm durch Kontrastmaximierung und Kantenschärfung optimiert. Anschließend wurden die Messbereiche entsprechend sichtbarer Grenzlinien definiert und Schwellenwerte für die Flächenvermessung festgelegt.

In einer Voruntersuchung wurde anhand einer Stichprobe ( $n = 10$ ) geprüft, ob die computergestützte Flächenmessung auf Fotos mit herkömmlich erhobenen Flächenkennwerten übereinstimmt. Der Vergleich der unterschiedlich erhobenen Flächendaten mittels paarweisem t-Test zeigte, dass Image Pro Plus die tatsächlichen Flächen der Bretter mit großer Sicherheit wirklichkeitsgetreu darstellt ( $t = -0.965$ ;  $t_{9;0,05} = 0.360$ ;  $p \leq 0,05$ ). Das gleiche gilt für die Erkennung der aufgrund des Käferbefalls verfärbten Flächen (Abb. 6).



**Abb. 6:** Zusammenhang der herkömmlich planimetrierten käferbedingt verfärbten Flächen mit den computergestützt vermessenen Flächen.

Die käferbedingt verfärbten Fläche wurden einerseits herkömmlich planimetriert und andererseits mittels Image Pro Plus® Bildverarbeitungsprogramm computergestützt analysiert. Die Ergebnisse wurden mit der Statistiksoftware SPSS einander in einer Regressionsanalyse gegenübergestellt.

Aus den käferbedingt verfärbten Flächen und den Gesamtflächen der Stichproben wurde zum einen der verfärbte Flächenanteil der Brettoberfläche erhoben. Zum anderen wurden die käferbedingt verfärbten Flächen mit Hilfe des Aufnahme Prozents auf die Gesamtoberfläche der Bretter hochgerechnet. Dieser Wert wurde als käferspezifische Verfärbung auf die Anzahl der Bohrlöcher des Brettes bezogen und gab Auskunft über das Ausmaß der einzelnen bohrlochumgebenden Verfärbung.

## 2.5 Statistische Auswertung

Für alle kardinal skalierten Kennwerte wurden die Häufigkeitsverteilungen ermittelt. Soweit der Vergleich der konkreten Häufigkeitsverteilungen mit der Normalverteilung keine wesentlichen Differenzen zeigten, wurden für die Kennwerte Mittelwerte und Standardfehler berechnet. Darauf aufbauend wurde der Einfluss stammbezogen diskreter Variablen auf normalverteilte Schnittholz-Kennwerte in ein- und multifaktoriellen Varianzanalysen und der Einfluss stetiger Variablen in Regressionsanalysen untersucht.

Die Einflüsse der unabhängigen Variablen auf nicht normalverteilte Messdaten wurde mit nicht parametrischen Tests untersucht. So wurde der Mann-Whitney-U-Test zum Vergleich zweier Gruppen und der Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich mehrerer Gruppen herangezogen.

Mit Hilfe dieser statistischen Schätzungen wurde der Einfluss stammbezogen räumlicher Variablen und der Zusammenhang der Schadensausprägung mit äußeren Stammmerkmalen begutachtet. Außerdem wurden die beiden Einschlagszeitpunkte für einen Zeitvergleich

genutzt. Weil es sich aber nicht um eine echte Zeitreihe handelt, können diese Ergebnisse methodenbedingt nur Hinweise auf mögliche Entwicklungen geben.

Signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 5 \%$  angegeben. Alle statistischen Kalkulationen wurden mit dem Statistik-Programm SPSS, Version 10.0, der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz gerechnet.

## 3 Ergebnisse

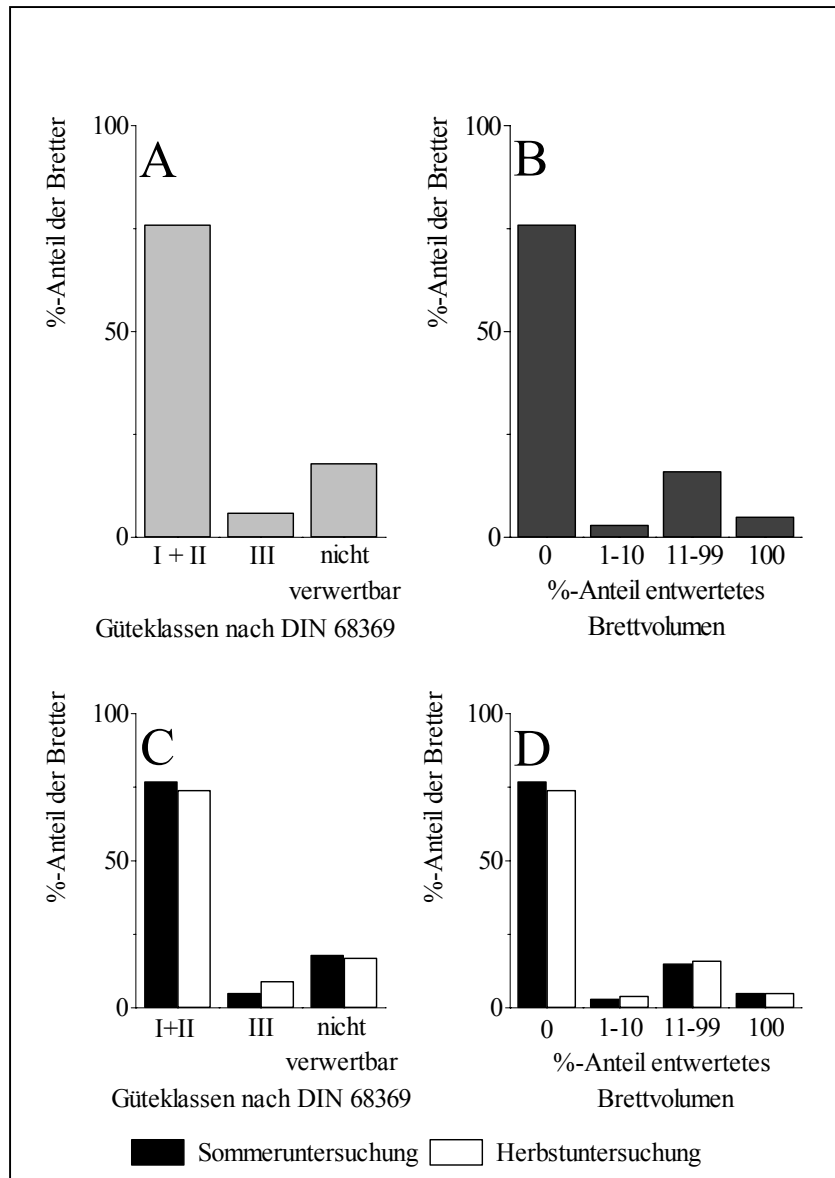
### 3.1 Schnittholzschäden

Im Rahmen der Schnittholzuntersuchung wurden 372 Bretter im Sommer und 328 Bretter im Herbst mit einem Gesamtvolumen von 24,4 m<sup>3</sup> (Sommer: 13,4 m<sup>3</sup>, Herbst: 11,0 m<sup>3</sup>) begutachtet. Der weitaus wichtigste Holzschädling war entsprechend den beobachteten Brutbildern *Trypodendron domesticum*. *Hylecoetus dermestoides* dagegen wurde lediglich auf dem Schnittholz der Erdstammstücke beobachtet und machte selbst dort nur 2,6 % der Schäden aus. Brutbilder anderer Käfer wurden nur vereinzelt beobachtet. Weitere Informationen zu den biologischen Grundlagen der Buchenschäden werden durch PETERCORD (2002) veröffentlicht.

Die durchschnittlichen Befallsdichten waren im Sommer mit 7,4 Bohrlöchern / Brett  $\pm$  320 % und im Herbst mit 11 Bohrlöchern / Brett  $\pm$  390 % ähnlich. Zu beiden Untersuchungsterminen war fast 80 % der Schnittware befallsfrei (Abb. 7 A, C). Andererseits waren über 15 % der Bretter sowohl im Sommer als auch im Herbst in Anlehnung an die DI-Norm (> 6 Löcher / Brett) vollständig entwertet (Abb. 7 A).

Im Vergleich zur theoretisch möglichen Schnittholzausbeute (vgl. Kap. 2.4.3) entwerteten die Holzkäfer ca. 7,5 % des Schnittholzvolumens mindestens teilweise, so dass nach fiktiven Kappschnitten und Besäumungen ca. 12,4 m<sup>3</sup> nutzbar geblieben wären. Dementsprechend benötigten 77 % der Bretter keine weitere schadensausschließende Behandlung. Ca. 18 % der Bretter zeigten sich nach der fiktiven Besäumung bzw. Kappung als schadensfrei. Nur ca. 5 % ließen sich auch nach fiktiven Kappschnitten bzw. Besäumungen nicht mehr verwerten (Abb. 7 B). Die Sommer- und Herbstuntersuchung unterschieden sich in dieser Hinsicht nicht wesentlich voneinander (Abb. 7 D).

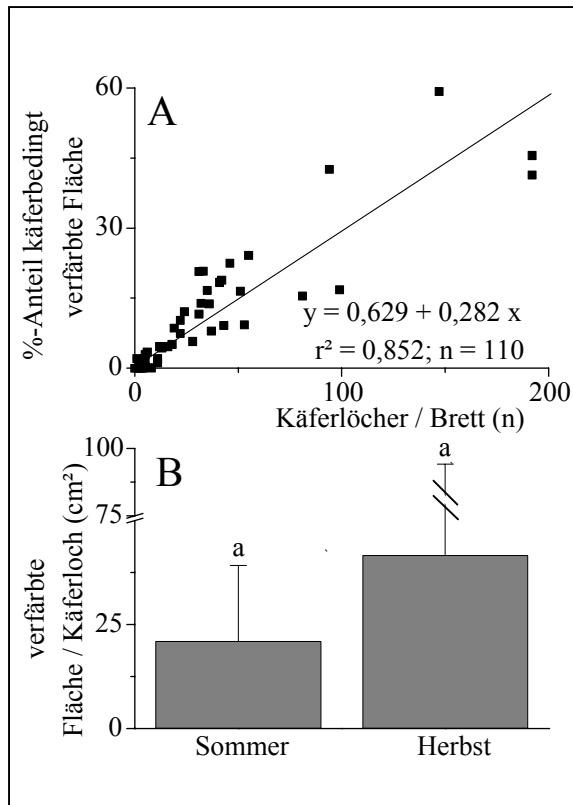
In der Regel ging mit dem Käferbefall eine Schnittholzverfärbung einher. So war der verfärbte Anteil an der Brettoberfläche der Bretter von je 2 im Sommer und im Herbst exemplarisch untersuchten Buchen umso größer, je mehr Bohrlöcher in den Brettern waren (Abb. 8 A). Wegen der großen Streuung der Messwerte unterschieden sich die Sommer- und Herbstuntersuchung in dieser Hinsicht jedoch nicht signifikant voneinander ( $\alpha = 0,064$ ), obwohl die verfärbte Fläche je Bohrloch im Sommer mit durchschnittlich ca. 21 cm<sup>2</sup>  $\pm$  86 % nur etwa halb so groß wie im Herbst mit ca. 42 cm<sup>2</sup>  $\pm$  124 % war (Abb. 8 B).



**Abb. 7:** Zuordnung von käferbefallenen Buchenbrettern zu DIN-Güteklassen (A, C) und zu Klassen entwertungsbedingter Ausbeuteeinbußen (B, D).

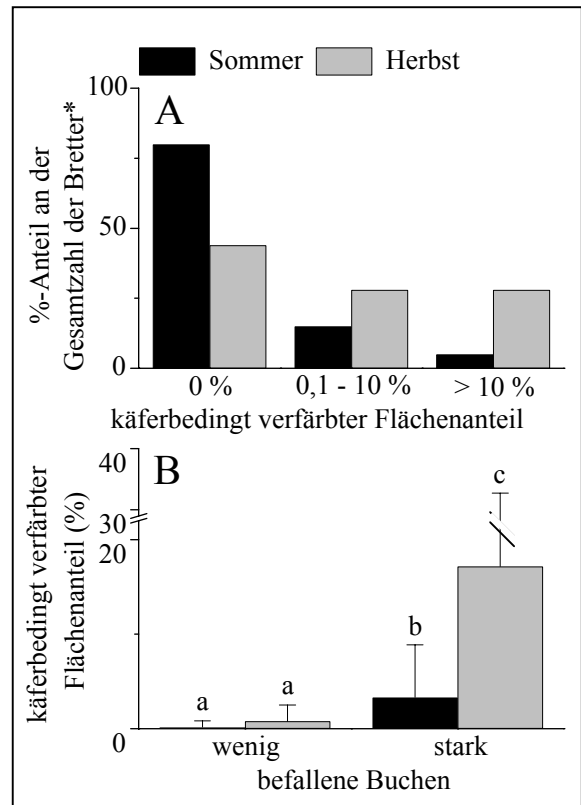
Insgesamt wurden im Sommer 372 und im Herbst 328 Bretter begutachtet. Das Schnittholz der Buchen wurde einerseits nach DIN 68 369 sortiert (A, C). Andererseits wurden auf Volumenbasis Optimalausbeute und käferbedingt geringere Ausbeute für jedes Brett zueinander ins Verhältnis gesetzt (B, D).

Anders als bei den bohrgangbedingten technischen Schnittholzschäden war der Anteil unverfärbter Bretter im Herbst mit ca. 44 % wesentlich geringer als im Sommer mit ca. 75 % (Abb. 9 A). Dies kann vor allem darauf zurückgeführt werden, dass die käferbedingt verfärbten Flächenanteile auf Brettern der im Herbst untersuchten stark befallenen Buche signifikant größer waren als diejenigen der im Sommer untersuchten Buche (17 % ± 92 % bzw. 3 % ± 170 %; Abb. 9 B).



**Abb. 8:** Käferbedingt verfärbte Flächenanteile auf Buchenschnittholz bei unterschiedlichen Befallsdichten (A) und spezifische Holzverfärbung im Sommer und im Herbst (B).

Die käferbedingte Verfärbung des Buchenschnittholzes wurde exemplarisch an je einer schwach und einer stark befallenen Buche im Sommer bzw. im Herbst entsprechend Kap. 2.4.4 untersucht. Für die spezifischen Farbflächen (Verfärbung je Bohrloch) wurden die stichprobenweise ermittelten käferbedingt verfärbten Flächen auf die Gesamtfläche der Bretter hochgerechnet und zur Anzahl der Käferlöcher in Beziehung gesetzt (vgl. Kap. 2.4.4). Entsprechend den Indices oberhalb der Fehlerbalken (a) in Abb. 8 B konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Sommer- und Herbsteinschlag festgestellt werden.



\* die %-Anteile beziehen sich auf die Brett-Gesamtzahl der Sommer- bzw. Herbstuntersuchung.

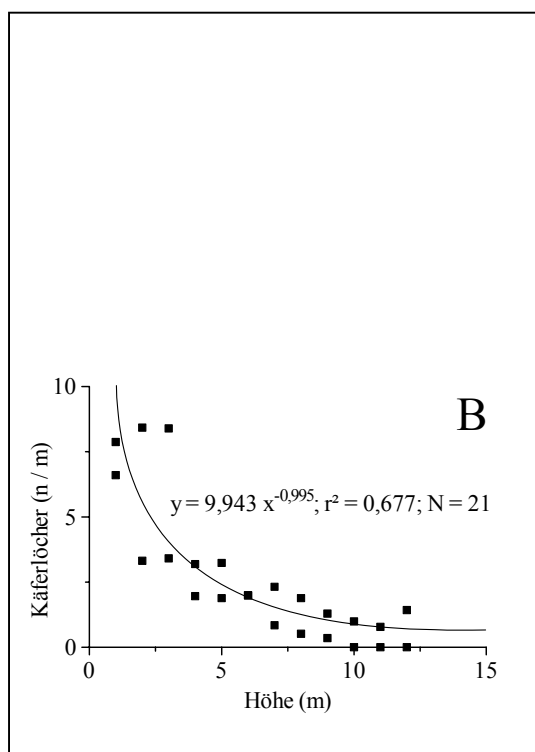
**Abb. 9:** Verteilung der Bretter auf Klassen mit unterschiedlichen Anteilen käferbedingt verfärbter Flächen (A) und verfärbte Flächenanteile auf den Brettern im Sommer und im Herbst (B).

Die käferbedingte Verfärbung des Buchenschnittholzes wurde exemplarisch an je einer schwach und einer stark befallenen Buche im Sommer bzw. im Herbst entsprechend Kap. 2.4.4 untersucht. Während sich die Befallsdichte der schwach befallenen Buchen im Sommer und Herbst nicht unterschied, war die stark befallene Buche im Herbst ca. doppelt so dicht von Borkenkäfern besiedelt wie im Sommer (vgl. Kap. 2.4.4). Unterschiedliche Indices oberhalb der Fehlerbalken (a, b, c) in der Abb. 9 B kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den verfärbten Flächenanteilen auf dem Schnittholz schwach bzw. stark befallener Buchen der Sommer- und Herbstuntersuchung. Weil die Daten nicht normalverteilt waren, wurden sie mittels Mann-Whitney-Test verglichen.

## 3.2 Räumliche Verteilung der Schäden

### 3.2.1 Schadensverteilung entlang der Stammachse

Das Schnittholz der Erdstammstücke war zu beiden Untersuchungsterminen stärker von Käfern befallen als das der oberen Stammabschnitte (Abb. 10 A). Offensichtlich nahm die Befallsdichte von unten nach oben kontinuierlich ab. Allerdings wurden selbst in 9 m Höhe noch einzelne Käferlöcher nachgewiesen (Abb. 10 B). Dementsprechend wiesen die Bretter aller Erdstammstücke sowie diejenigen von 40 % der Zweit- sowie 20 % der Drittlängen Käferschäden auf. Wegen der großen Streuung der Messwerte waren diese Beobachtungen aber nur im Herbst signifikant (Abb. 10 A). Aus dem gleichen Grund unterschieden sich auch Sommer- und Herbstuntersuchung nicht sicher voneinander, obwohl insbesondere auf den Brettern der Erdstammstücke mit durchschnittlich 25 Löchern / Brett im Herbst fast doppelt so viele Käferlöcher auf den Brettern gezählt wurden wie im Sommer (13 Löcher / Brett; Abb. 10 A).



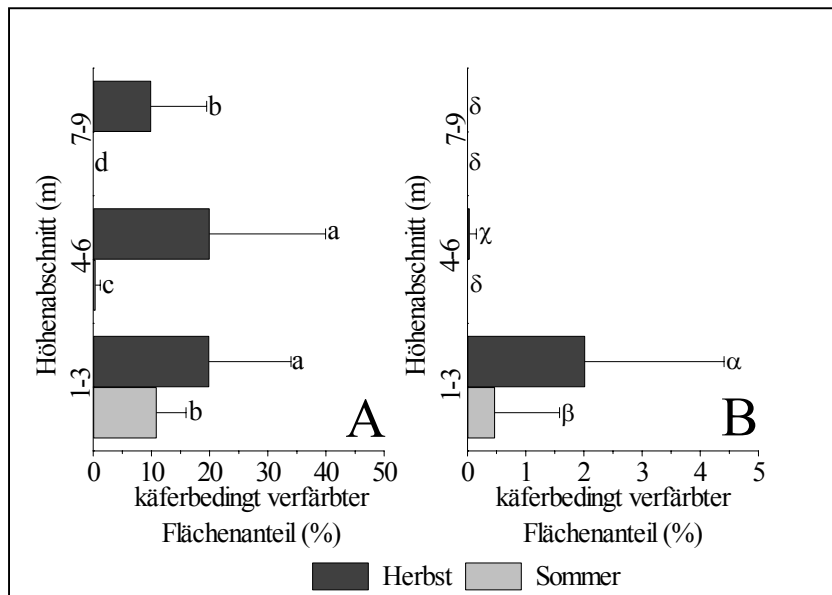
**Abb. 10:** Bohrlöcher im Schnittholz unterschiedlicher Stammabschnitte (A) und spezifische Zahl der Bohrlöcher im Schnittholz aus unterschiedlichen Baumhöhen (B); Vergleich des Sommer- und Wintereinschlags.

Die Balken in Abb. 10 A stellen die Mittelwerte aller Bretter der betreffenden Stammabschnitte im Sommer bzw. Herbst dar. Alle Stammabschnitte waren 3 m lang. Die Bohrlöcher je m Stammlänge (Abb. 10 B) stellen Mittelwerte der Messungen in verschiedenen Baumhöhen im Sommer bzw. Herbst dar.

Damit übereinstimmend nahm zu beiden Untersuchungsterminen der käferbedingt verfärbte Flächenanteil auf den Brettern vor allem im Sommer von unten nach oben signifikant ab

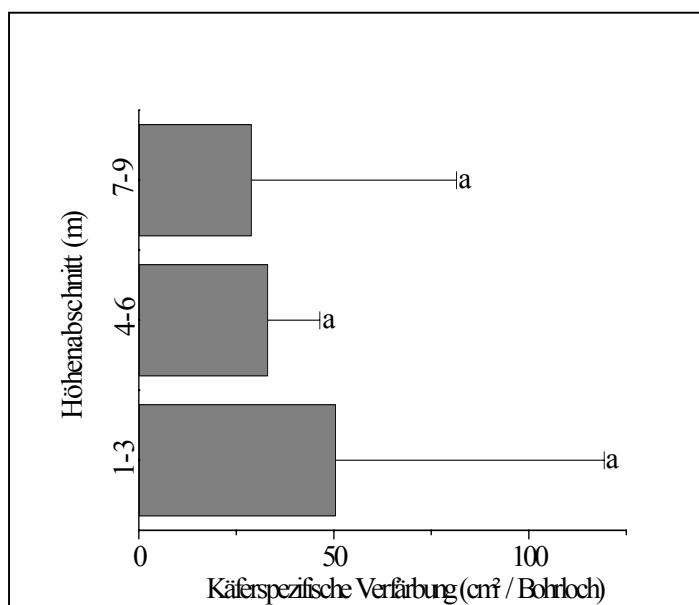


(Abb. 11 A, B). Darüberhinaus war das Schnittholz aller Stammabschnitte im Herbst stärker verfärbt als im Sommer (Abb. 11 A, B). Dies lässt sich damit erklären, dass die verfärbte Fläche je Käferloch im Herbst wahrscheinlich größer als im Sommer war (vgl. Abb. 8 B). Andererseits wies dieser Kennwert zumindest im Herbst keinen Höhengradienten auf (Abb. 12). Vielmehr umgaben unabhängig vom Höhenabschnitt durchschnittlich ca. 40 cm<sup>2</sup> braunviolett verfärbtes Holz jedes Käferloch.



**Abb. 11:** Anteil käferbedingt verfärbter Ware am Schnittholz der Rundholzabschnitte unterschiedlicher Baumhöhen stark befallener (A) bzw. schwach befallener Buchen (B) im Sommer und im Herbst.

Im Sommer und im Herbst wurden je ein stark und ein schwach befallener Stamm nach 3-m-Sektionierung zu Blockware eingeschnitten. Das Schnittholz wurde nach einem systematischen Stichprobenkonzept fotografiert und mit Hilfe von Image Pro Plus<sup>®</sup> analysiert. Die Messwerte wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf signifikante Unterschiede getestet, weil sie nicht normalverteilt waren. Unterschiedliche Indices über den Fehlerbealken (a, b, c, d bzw. α, β, γ, δ) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Stammabschnitten bzw. Sommer- und Herbstuntersuchung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$ .

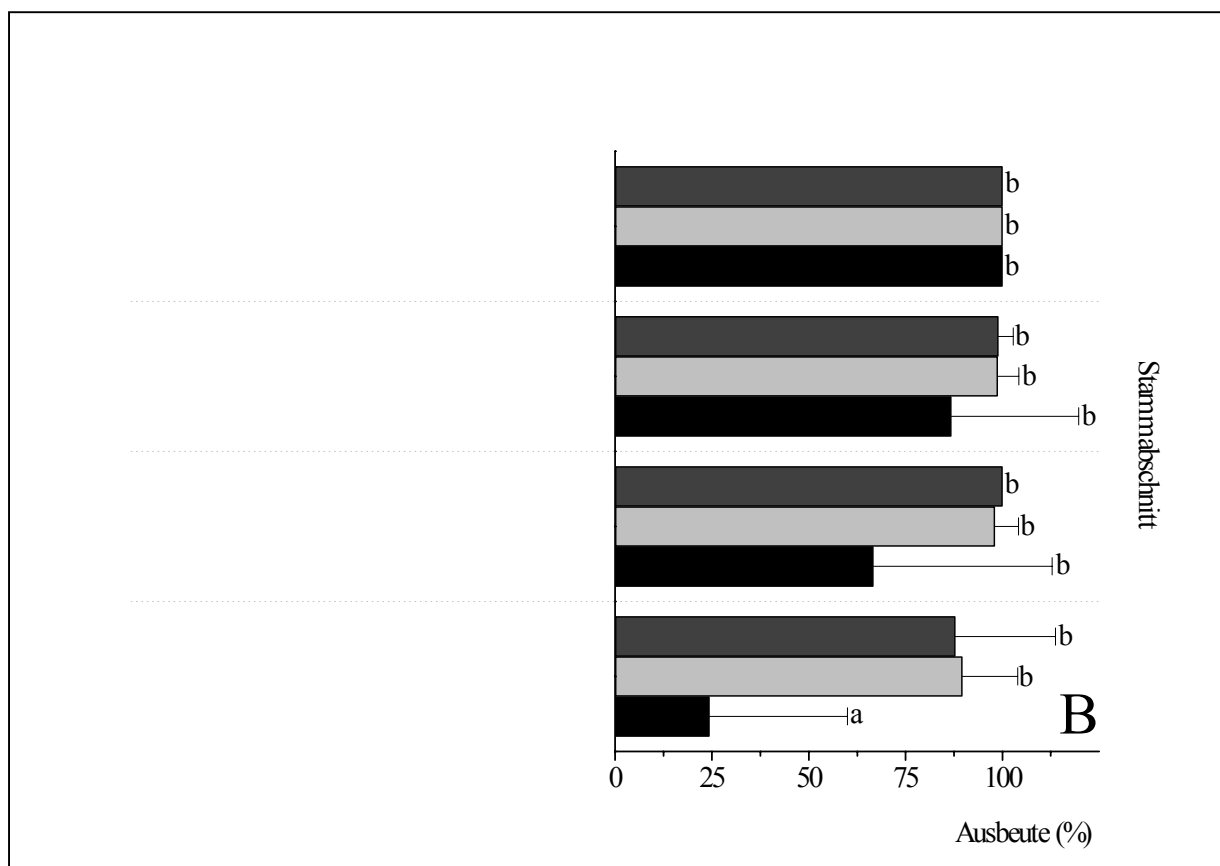


**Abb. 12:** Käferspezifische Verfärbung der Bretter von Stammabschnitten exemplarisch im Herbst untersuchter Buchen.

Für diese Untersuchung wurden nur die Buchen der Herbstuntersuchung berücksichtigt, weil die oberen Stammabschnitte im Sommer keine Verfärbung aufwiesen. In der Analyse wurde nicht nach schwach und stark befallenen Buchen differenziert, weil eine Voruntersuchung keine signifikanten Unterschiede erkennen ließ. Die Verfärbung wurde mit Image Pro Plus<sup>®</sup> ausgewertet und über das Aufnahmeperzent auf die Brettoberfläche hochgerechnet (vgl. Kap. 2.4.1)

### 3.2.2 Schadensverteilung nach Expositionen

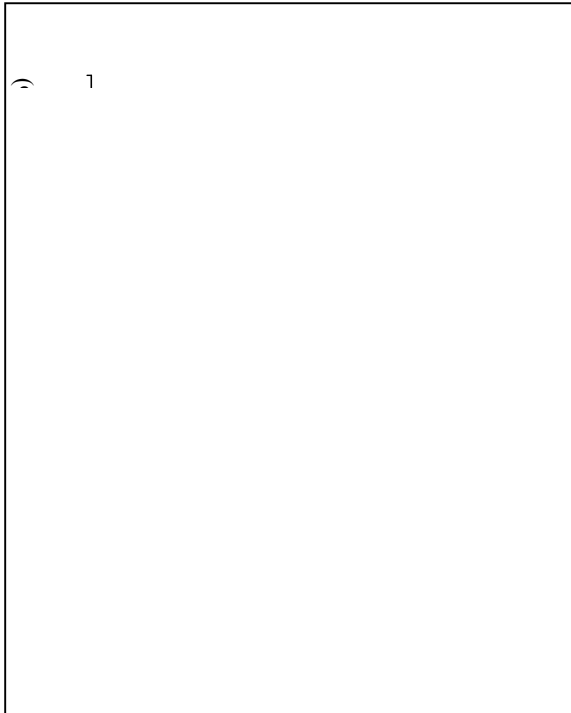
Die technischen Schnittholzschäden zeigten nicht nur vertikal, sondern auch horizontal ein deutliches Verteilungsmuster. So wurden Bohrlöcher insbesondere in den Brettern gefunden, die aus dem am stehenden Stamm nördlich ausgerichteten Holz gewonnen wurden (Abb. 13 A). Dementsprechend ging die Ausbeute vor allem bei diesen Brettern käferbedingt signifikant zurück, so dass beispielsweise nur ca. 25 % (VK = 140 %) der Bretter aus den nördlich ausgerichteten Erdstammstückteilen nutzbar waren (Abb. 13 B).



**Abb. 13:** Zusammenhang von Brettposition im Stammabschnitt und Anzahl der Löcher je Brett (A) bzw. Ausbeute (B).

Die jeweils nördlichsten und südlichsten Bretter sowie die Markröhrenbretter aller Stämme wurden hinsichtlich Anzahl der Bohrlöcher und Ausbeute begutachtet. Die Daten wurden mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet. Weil sich die Kennwerte der Sommer- und Herbstuntersuchung nicht signifikant voneinander unterschieden, wurden die Daten beider Untersuchungstermine berücksichtigt (Abb. 14 A, B). Unterschiedliche Indices kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,05$ ) zwischen Brettern unterschiedlicher Stammabschnitte und hinsichtlich der Himmelsrichtung unterschiedlicher horizontaler Herkunft.

Auf diese Zusammenhänge übte der Untersuchungszeitpunkt keinen Einfluss aus (Abb. 14 A, B). Dementsprechend wurden auf den Brettern der Erdstammstücke im Sommer unter Zusammenfassung der Bretter aller Stammexpositionen durchschnittlich 18 Löcher  $\pm$  156 % und im Herbst durchschnittlich 23 Löcher  $\pm$  321 % gezählt, so dass die Ausbeute der Erdstammstücke auf durchschnittlich 72,5 %  $\pm$  50 % (Sommer) bzw. 73,2 %  $\pm$  51 % (Herbst) zurückging.

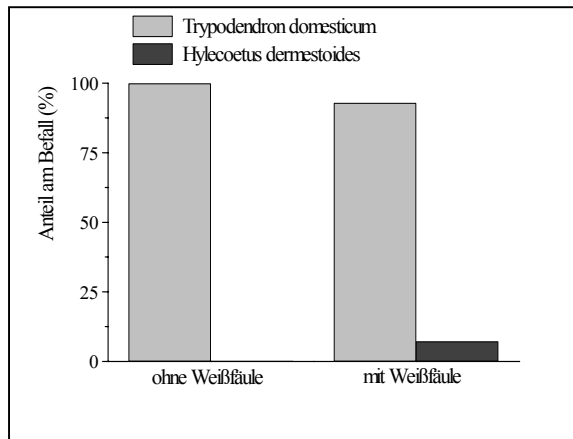


**Abb. 13:** Käferbedingte Schäden (A) und Ausbeute (B) des Erdstamm-Schnittholzes unterschiedlicher Expositionen im Sommer bzw. Herbst.

Die jeweils nördlichsten und südlichsten Bretter sowie die Markröhrenbretter aller Stämme der Sommer- und Herbstuntersuchung wurden hinsichtlich Anzahl der Bohrlöcher und Ausbeute begutachtet. Die Daten wurden mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse ausgewertet. Unterschiedliche Indices kennzeichnen signifikante ( $p \leq 0,05$ ) Unterschiede zwischen Brettern unterschiedlicher Exposition im Stamm bzw. unterschiedlicher Untersuchungszeitpunkte.

### 3.3 Zusammenhänge mit äußeren Stammmerkmalen

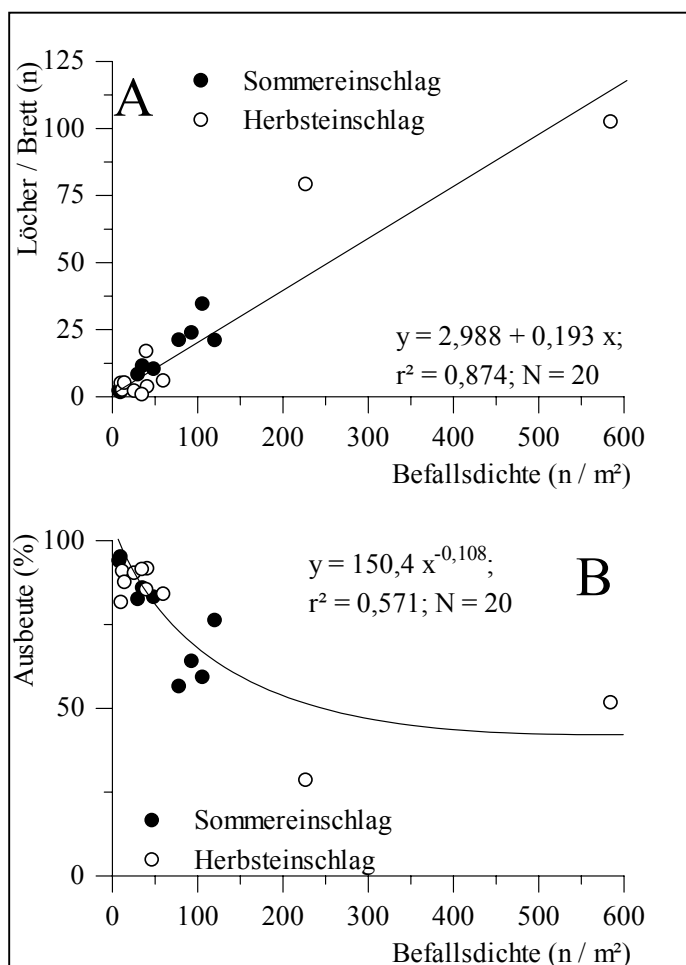
Von den beiden in nennenswertem Umfang im Schnittholz brütenden Käfern kam *Trypodendron domesticum* die größte Bedeutung zu. Das Vorkommen von *Hylecoetus dermestoides* war darüberhinaus streng an Weißfäule gebunden und machte selbst an den Stämmen mit Weißfäule nur 2,64 % des Gesamtbefalls aus (Abb. 15).



**Abb. 15:** Relative Anteile von *Trypodendron domesticum* und *Hylecoetus dermestoides* am Schnittholzbefall von Erdstammstücken ohne bzw. mit Weißfäule.

Die Anteile von *Trypodendron domesticum* und *Hylecoetus dermestoides* an der Gesamtzahl der Bohrlöcher / Brett wurden für brettweise hergeleitet und auf die gesamte Untersuchung hochgerechnet. *Hylecoetus dermestoides* wurde lediglich im Schnittholz der Erdstammstücke beobachtet.

Unabhängig von den beteiligten Käferarten zeigte sich die äußere Befallsdichte auf der Stammoberfläche der entrindeten Erdstammstücke der Erdstammstücke als aussagekräftiger Weiser für die Schäden auf dem Schnittholz. Auf dem Schnittholz fanden sich sowohl im Sommer als auch im Herbst durchschnittlich umso mehr Löcher, je größer die Zahl der Einbohrversuche auf der Stammoberfläche war (Abb. 16 A).

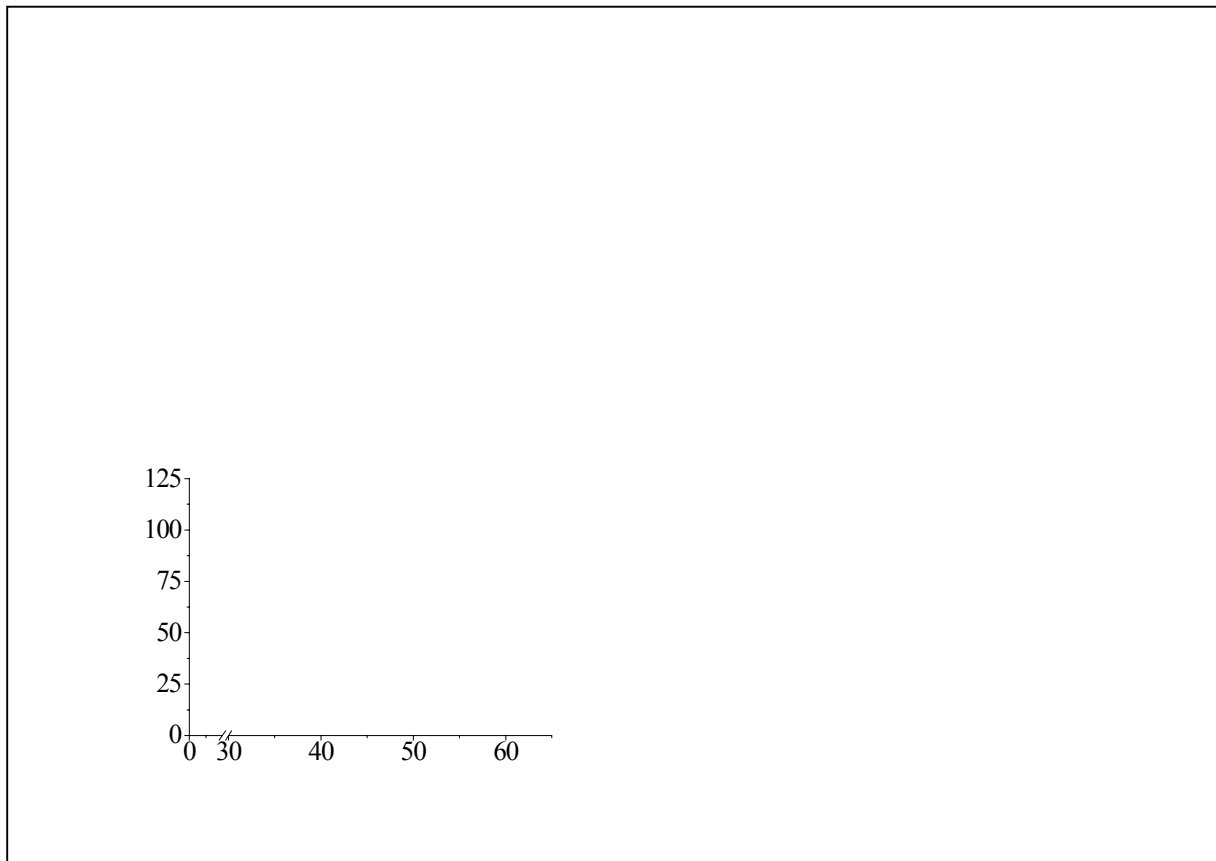


**Abb. 16:** Der Zusammenhang von äußerer Befallsdichte und Befallsdichte der Bretter (A) und Ausbeute (B).

Die äußere Befallsdichte der Buchen wurde entsprechend Kap. 2.4.1 als Anzahl der Einbohrversuche je  $m^2$  Oberfläche des entrindeten Erdstammstücks (0-3 m Höhe) und die Befallsdichte der Bretter bzw. die relative Ausbeute als volumengewichtete Mittelwerte des Erdstammstück-Schnittholzes berechnet. Weil sich die Regressionen der Löcher / Brett bzw. Ausbeute in Abhängigkeit von der Befallsdichte in Sommer und Herbst nicht signifikant von einander unterschieden, wurden für beide Untersuchungstermine eine gemeinsame Regressionen berechnet.

Damit übereinstimmend war das Schnittholz stark befallener Buchen signifikant stärker verfärbt als das schwach befallener Buchen (vgl. Abb. 9 B), so dass die relative Ausbeute mit zunehmendem Befall der Stammoberfläche wahrscheinlich ( $r^2 = 0,571$ ) abnahm (Abb. 16 B).

Andererseits nahm die Befallsdichte des Schnittholzes nur bei den Buchen des Sommereinschlags mit wachsendem BHD ab (Abb. 17 A). Dementsprechend wurde nur im Sommer ein Zusammenhang zwischen diesem Baumkennwert und der relativen Schnittholzausbeute beobachtet (Abb. 17 B). Im Herbst dagegen wurde keine Beziehung zwischen BHD und Schnittholz-Befallsdichte bzw. Ausbeute erkannt (Abb. 17 C, 17 D).



**Abb. 17:** Der Zusammenhang zwischen dem Brusthöhendurchmesser und der Befallsdichte im Sommer (A) und im Herbst (C) bzw. zwischen dem Brusthöhendurchmesser und der Schnittholzausbeute im Sommer (B) und im Herbst (D).

Schnittholzbefallsdichte und relative -ausbeute wurden entsprechend Kap. 2.4.3 als volumengewichtete Mittelwerte des Erdstammstück-Schnittholzes berechnet.

## 4 Diskussion

### 4.1 Rundholz

Ziel der vorliegenden Studie war es, anhand geeigneten Materials die Auswirkungen der „Buchenkomplexkrankheit“ (entsprechend der Definition von EISENBARTH *et al.*, 2001, vgl. Kap. 1) auf das Schnittholz der betroffenen Bäume zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Buchen aus vier Beständen des Wuchsbezirks 07.06.03 „Hoch- und Idarwald“ untersucht, der einen wesentlichen Teil des linksrheinisch gelegenen Hunsrücks bildet (vgl. Tab. 1). In diesem Gebiet wurden die Symptome der „Buchenkomplexkrankheit“ wie plötzlicher massiver Stehendbefall ansonsten gesund erscheinender Buchen schon im Jahr 2000 beobachtet (EISENBARTH *et al.*, 2001). Alle Herkunftsbestände stocken in über 570 m Höhe (vgl. Tab. 1). Diese Höhenlage scheint im Schwerpunktbereich der Buchenschäden zu liegen. So wurden ähnliche Phänomene in Luxemburg zuerst in Lagen oberhalb 400 m beobachtet (SCHRÖTER, 2001). In Nordrhein-Westfalen sieht man in diesen Höhenlagen eine Schadenskonzentration, während tiefergelegene Buchenbestände weniger stark geschädigt sind (NIESAR, 2001). Auch in den belgischen Schadensgebieten wurden Schäden hauptsächlich oberhalb 350 m Höhe festgestellt. Dort konzentrierten sich die Symptome der „Buchenkomplexkrankheit“ auf Plateaulagen oder schwach geneigte Hänge (HUART und RONDEUX, 2001). Auch in dieser Untersuchung wurden Bestände auf schwach bis mittel geneigten Hängen untersucht (vgl. Tab. 1). Damit scheinen die standörtlichen Randbedingungen der untersuchten Buchen denen zu ähneln, unter denen die „Buchenkomplexkrankheit“ schwerpunktmäßig beobachtet wurde.

Nach okularer Begutachtung waren in keinem Bestand mehr als 10 % der Buchen durch Käfer beeinträchtigt. Damit lassen sich die Bestände entsprechend DE PROFT *et al.* (2001) als schwach befallen klassifizieren. Auch EISENBARTH (2001) spricht für die in Frage stehende Region von einem sehr geringen Vorkommen der Buchen-Komplexkrankheit im Jahr 2000. In schwer befallenen Beständen Belgiens dagegen können bis zu 80 % der Bäume Käferschäden aufweisen (ANONYMUS, 2001 A).

Die 20 untersuchten Stämme wiesen einen BHD von durchschnittlich  $49 \text{ cm}_{0.R.} \pm 21 \%$  auf (vgl. Tab. 2). Ziel dieser Studie war es, hiebsreife oder nahezu hiebsreife Buchen zu untersuchen. In Rheinland-Pfalz wird für eine Buche bei Ertragsklassen von II,0 – III,0 eine Zielstärke von ca. 50 cm BHD angestrebt (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND

FORSTEN, 1993). Vor diesem Hintergrund eigneten sich die ausgewählten Bäume für die vorliegende Untersuchung.

Ziel der Baumauswahl war die Untersuchung von Buchen, die nicht die Symptome des „Buchenrindensterbens“ (vgl. hierzu PETERCORD, 2001), sondern der „Buchenkomplexkrankheit“ (vgl. EISENBARTH *et al.*, 2001) zeigten. Für dieses Krankheitsbild scheint typisch, dass ansonsten äußerlich gesund erscheinende Bäume wie in Belgien, Luxemburg und im Rheinland beobachtet einem massiven Befall bisher als sekundär eingestuft holzbrütender Käfer ausgesetzt sind (SCHRÖTER, 2001; DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT, DIVISION DE LA NATURE ET DES FORÊTS (DGRNE-DNF), 2001). Vor diesem Hintergrund stellten DE PROFT *et al.* (2001) die Hypothese eines primären Scolytidenbefalls auf. In Übereinstimmung mit dieser Symptomatik waren alle Buchen für diese Untersuchung nach äußerer Begutachtung außer dem Käferbefall gesund. Dennoch ließen jeweils 4 Buchen des Sommer- und Herbstschlags nach der Entrindung der Erdstammstücke Weißfäule erkennen (vgl. Tab. 3). Offensichtlich muss zumindest für einen Teil der Bäume von einer Prädisposition für den Käferbefall ausgegangen werden. Auch RAMISCH (1984) geht entsprechend den bisherigen Kenntnissen zur Wirtsfindung von *Trypodendron domesticum* und *Hylecoetus dermestoides* von einer Prädisposition aller Buchen für den Käferbefall aus. Allerdings kann der prädisponierende Faktor oft nicht identifiziert werden.

Auf den entrindeten Erdstammstücken wurden vor allem Einbohrversuche von *Trypodendron domesticum* und *Hylecoetus dermestoides* beobachtet. Insbesondere die Dominanz von *T. domesticum* wird von DELB (2001) für das Untersuchungsgebiet bestätigt. Daneben stellte HUART (2001) übereinstimmend mit den vorliegenden Ergebnissen eine Beteiligung von *H. dermestoides* in den belgischen Schadgebieten fest. SCHWERDTFEGGER (1981) nennt diese Käferart als wichtigen Folgeschädling des Buchensterbens. Die von HUART (2001) darüberhinaus aufgeführten Käferarten *T. signatum* und *Anisandrus dispar* wurden im Rahmen dieser Studie nur vereinzelt bzw. nicht gefunden.

Durchschnittlich wurden auf den entrindeten Erdstammstücken der 20 untersuchten Buchen 313 Einbohrlöcher gezählt. Der hohe Variationskoeffizient von fast 170 % zeigt, dass es gelungen ist, unterschiedlich stark befallene Buchen in die Untersuchung einzubeziehen (vgl. Tab. 3). Dies dürfte nicht nur die Befallssituation im Wald widerspiegeln, sondern stellt auch eine wichtige Voraussetzung dar, eine Reihe von Beziehungen zwischen käferbedingten Schnittholzschäden und Baummerkmalen quantitativ zu analysieren.

## 4.2 Schnittholzschäden

Übereinstimmend mit seiner Dominanz bei den Einbohrlöchern auf den Erdstammstücken ließen sich die in dieser Studie beobachteten käferbedingten Buchenschnittholz-Schäden überwiegend auf den Laubnutzholzborkenkäfer (*Trypodendron domesticum*) zurückführen (vgl. Abb. 15; vgl. auch PETERCORD, 2002). Dieser Käfer wird im allgemeinen als der wichtigste holzbrütende Buchenschädling beschrieben (SCHÖNHERR *et al.*, 1983, DELB, 2001). Daneben kam lediglich dem Bohrkäfer (*H. dermestoides*) eine gewisse Bedeutung für die Schnittholzschäden zu. Allerdings wurden Einbohrlöcher dieser Käferart nur in deutlich vorgeschädigten Stammbereichen gefunden (vgl. Abb. 15). Der disponierende Faktor kann für diese Art damit eindeutig benannt werden. Die Eiablage erfolgte anscheinend ausschließlich auf Rindenpartien, unter denen das Kambium durch Weißfäule abgestorben war. Dies unterstreicht den sekundären Charakter dieser Art, die als technischer Schädling große Bedeutung hat, die ihre Larvengänge in bisher unzerstörte Stammbereiche vordringen und Weißfäulepilzen Eintrittspforten eröffnen. Auf diese Gefahr weist auch SCHWERDTFEGER (1981) hin.

Während der größte Teil des Schnittholzes keine Schäden durch Bohrlöcher aufwies, waren ca. 5 % der Bretter, die 7,5 % des Schnittholzvolumens repräsentierten, vollständig entwertet (vgl. Abb. 7 A, B). Im Vergleich dazu entwerteten die Käfer in Belgien 20-25 % des Holzes der befallenen Stämme (DGRNE-DNF, 2001). BLOCK *et al.* (1997) fanden in einer ähnlich ausgerichteten Untersuchung (Schnittholzqualität geschwächter und abgestorbener Eichen im Bienwald) mit ca. 15 % Holzbrüter-entwerteten Eichenholzes Schäden in vergleichbarer Größenordnung. Damit übereinstimmend könnten nach Waldbesitzerangaben 60-80 % des Käferholzes als Sägeholz verwendet werden (ANONYMUS, 2001 B). Demgegenüber berichten belgische Quellen von über 90 % Wertverlust (DGRNE-DNF, 2001; ANONYMUS, 2001 A). Dies könnte unter Umständen darauf zurückgeführt werden, dass sich insbesondere größere Sägewerke derzeit außerstande sehen, Käferholz in ihren Verarbeitungsprozess zu integrieren und daher jegliches Holz mit Bohrlöchern als vollständig entwertet erachten (ANONYMUS, 2001 B).

Die Schnittholzschäden im Sommer und im Herbst unterschieden sich nicht signifikant voneinander (vgl. Abb. 7 C, D). Anscheinend war bereits beim Sommereinschlag Anfang August das Brutgeschäft des wichtigsten Holzbrüters, *T. domesticum*, abgeschlossen. Auch SCHWERDTFEGER (1981) spricht für diese Käferart von einer einfachen Generation.



Neben den technischen Schäden durch die Brutbilder und Weißfäule erleidet käferbefallenes Schnittholz ästhetische Schäden durch Bläuepilze (GRAF, 1993). Auch in dieser Studie wurde beobachtet, dass die Brutbilder von *T. domesticum* in der Regel von blauviolett-spindelförmigen Verfärbungen umgeben waren (vgl. Abb. 4 A; 7 A, B; 8 A, B). Diese Verfärbungen hängen nach SCHWERDTFEGER (1981) mit den symbiotischen Ambrosiapilzen der Gattung *Moniliales*, von denen die Käfer leben, zusammen. Andererseits isolierten BABUDER und POHLEVEN (1995) aus *T. lineatum*-Brutbildern in Fichtenholz sowie KAJIMURA und HIJII (1992) aus *Xylosandrus mutilatus* (Blandford)-Brutbildern im Holz einer ostasiatischen Laubbaumart (*Parabenzoin trilobum* (Sieb. et Zucc.) Nakai (Lauraceae)) neben *Ambrosiella*-Arten auch bläueverursachende *Ceratocystis*-Arten.

Anders als die technischen Schäden durch die Käfer-Fraßbilder war das Schnittholz der im Herbst exemplarisch auf Verfärbungen hin untersuchten Buchen deutlich stärker als das der im Sommer untersuchten Buchen verfärbt (vgl. Abb. 9 A). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die blauviolett-spindelförmigen Verfärbungen um die Bohrlöcher im Herbst bei vergleichbarer Befallsdichte deutlich größer als im Sommer waren (Abb. 8 B). Anscheinend war das Pilzwachstum nach dem Ende des Brutgeschäfts nicht abgeschlossen, sondern dauerte bis zum Herbst fort. Ähnliche Beobachtungen machten KAJIMURA und HIJII (1992) in den Fraßgängen von *X. mutilatus*. Dort breiteten sich, ähnlich wie offensichtlich im Buchenholz auch, die *Ceratocystis*-Arten vor allem im Herbst nach dem Ende des Brutgeschäfts aus.

Ein Zusammenhang mit Weißfäule, wie ihn SCHÖNHERR *et al.* (1983) herstellen, konnte jedoch nicht bestätigt werden. Nach KAJIMURA und HIJII (1992) traten Weißfäuleerreger in den Fraßgängen von *X. mutilatus* erst im 2. Jahr nach dem Befall auf. Andererseits weist PETERCORD (2002) darauf hin, dass im Rahmen dieser Untersuchung nur diesjährige Fraßbilder gefunden wurden. Anscheinend rührte die in dieser Untersuchung festgestellte Weißfäule an 8 Erdstammstücken nicht vom Käferbefall her.

Dennoch unterstützen die Ergebnisse dieser Studie das Urteil VITÉS (1952), der *Trypodendron domesticum* für wirtschaftlich nicht unbedeutend hält. Während bisher keine weiteren Informationen über *Trypodendron domesticum*-bezogene Schnittholzschäden veröffentlicht wurden, ist in ähnlicher Weise wie in der vorliegenden Untersuchung bekannt, dass *Trypodendron lineatum* (gestreifter Nutzholzborkenkäfer), ein naher Verwandter des Laubnutzholzborkenkäfers, im Nadelholzbereich fühlbare Schäden verursacht (SCHWERDTFEGER, 1981). So wurden beispielsweise in British Columbia Schäden in Höhe von 3,- - 39,- € / m<sup>3</sup> durch den Nutzholzborkenkäferbefall registriert (ORBAY *et al.*, 1994). In ähnlicher Weise muss damit

gerechnet werden, dass sich auch die technischen und ästhetischen Schäden durch die holzbrütenden Käfer im Buchenschnittholz betriebswirtschaftlich negativ auf das Schnittholz auswirken.

### 4.3 Räumliche Verteilung der Schäden

Käferbedingte Holzschäden ließen sich vor allem am Erdstammstück (0-3 m Höhe) beobachten. Allerdings konnten einzelne Schäden bis in 9 m Höhe festgestellt werden (vgl. Abb. 10 A, B). Davon abweichend waren in den belgischen Schadensgebieten im Jahr 2000 bei wesentlich anderer Schadenssymptomatik hauptsächlich höhere Stammteile betroffen. Erst als 2001 ähnliche Symptome wie in Rheinland-Pfalz auftraten, wurden wie in der vorliegenden Untersuchung Schäden an den Stammfüßen beobachtet (EISENBARTH *et al.*, 2001; HUART und RONDEUX, 2001).

Anders als die technischen Schäden durch Bohrlöcher zeigten die spindelförmigen Verfärbungen keinen Höhengradienten (vgl. Abb. 12). Dies weist darauf hin, dass *T. domesticum* alle Stammhöhen etwa gleichzeitig befallen hat. Damit übereinstimmend stellte PETERCORD (2002) an den untersuchten Buchen ausschließlich diesjährigen Befall fest. Demgegenüber ist KERCK (1972) nach der Untersuchung chemisch geläuterter Buchen der Auffassung, dass sich Schäden durch *T. domesticum* vor allem im ersten Jahr auf die unteren Stammabschnitte beschränken, während sie in den Folgejahren auch in den oberen Stammabschnitten zu finden sind.

Die größten Schäden wiesen die Bretter aus den nördlich ausgerichteten Stammteilen auf (Abb. 13 A, B). Ähnliche Beobachtungen wurden bei allerdings zum Teil unterschiedlicher Symptomatik auch aus anderen Teilen des Befallsgebietes berichtet (EISENBARTH *et al.*, 2001; HUART, 2001). Dies kann auf das Brutverhalten der Laubnutzholzborkenkäfer zurückgeführt werden. Die Käfer werden primär durch Ethanol-Ausdünstungen befallsdisponierter Buchen angelockt und im Nahbereich durch die kombinierte Wirkung der olfaktorischen Reize und der optische Komponente der Stammsilhouette zur Landung veranlasst (KERCK, 1972, 1976). Nach einer Hypothese von HUART und RONDEUX (2001) suchen die Käfer nach der Landung vorgeschädigte Rindenbereiche auf. Die Autoren erklären die Vorschädigung in Belgien mit einem putativen Temperatursturz im Winter 1998/99, der vor allem auf den Nordseiten der

Stämme kambiale Läsionen hervorgerufen hat. Allerdings ließ die Analyse der Klimadaten einer Messstation in unmittelbarer Nachbarschaft der untersuchten Bestände bei einer maximalen Temperaturabnahme von 5 °C / d (10.11.1998: von + 7 °C auf + 2 °C) keinen Temperatursturz in der Zeit zwischen November 1998 und Mai 1999 erkennen. In derselben Zeit wehten an 21 Tagen Winde mit maximal 2,5 m / s aus nördlichen Richtungen (WNW – ONO) (HUCKSCHLAG, pers. Mitt., 2002). Die untersuchten Klimadaten tragen offensichtlich nicht zur Bestätigung der Hypothese von HUART und RONDEUX (2001) bei.

Deshalb könnte angenommen werden, dass im Befallsgebiet während der Käferflugzeit Winde aus südlich orientierten Himmelsrichtungen vorgeherrscht und die Käfer sich im Lee der Bäume eingebohrt haben. Diese Annahme wird dadurch unterstützt, dass die Wahrscheinlichkeit für Wind aus südlichen Richtungen (WSW-OSO) während der Eiablagezeit von *T. domesticum* (April-Juni) bzw. *H. dermestoides* (Mai-Juni) im Befallsjahr 2001 ca. 1,5 mal so groß wie für Wind aus anderen Himmelsrichtungen war (HUCKSCHLAG, pers. Mitt., 2002).

Wie die Ergebnisse zeigen, beschränken sich die Käferschäden auf eng umgrenzte Bereiche der Buchenstämme. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass sich die Laubnutzholzborkenkäfer mittels des käferspezifischen Lineatins sekundär im Holz bruttauglicher Buchen aggregieren (FRANCKE und HEEMANN, 1974, RAMISCH und BOMBOSCH, 1986). Allerdings weist HUART (2001) darauf hin, dass in späteren Befallsstadien das Buchenholz gleichmäßig von den Käfern angegriffen wird.

#### **4.4 Zusammenhänge mit äußeren Stammmerkmalen**

Von den 20 untersuchten Buchen waren 8 im Bereich des Erdstammstücks an Weißfäule erkrankt (vgl. Tab. 3). Nur im Schnittholz dieser Stammbereiche ließ sich *H. dermestoides*-Befall nachweisen (vgl. Abb. 15). Entsprechend der Besiedlungsstrategie dieser sekundären Art definiert auch SCHWERDTFEGER (1981) *H. dermestoides* als Besiedler kränkenden Holzes. Damit übereinstimmend griff dieser Käfer beispielsweise in Österreich Buchenstöcke mit Pilzbefall eher als gesunde an (EGGER, 1974).

Zwischen der Befallsdichte der Erdstammstücke und der Verwertbarkeit des daraus erzeugten Schnittholzes ließ sich sowohl im Sommer als auch im Herbst eine deutliche Beziehung darstellen (vgl. Abb. 16 A, B). Je mehr Einbohrversuche auf der Stammoberfläche gezählt wur-

den, um so mehr Fraßgänge zeigten sich auf dem Holz (vgl. Abb. 16 A). Damit übereinstimmend nahm die Ausbeute mit wachsender äußerer Befallsdichte deutlich ab (Abb. 16 B). Dementsprechend folgert VITÉ (1952), dass sich der Umfang der zu erwartenden technischen Entwertung anhand der Anzahl der Fluglöcher schätzen lässt. So muss entsprechend den Ergebnissen der vorliegenden Studie beispielsweise bei 50 Fluglöchern /m<sup>2</sup> Stammoberfläche auf den unteren 3 m mit ca. 20 %igen Ausbeuteverlusten gerechnet werden. Aus dieser Erkenntnis ließe sich ein Schätzmaß für die technische Verwertbarkeit käfergeschädigten Buchenholzes ableiten.

Übereinstimmend mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung gehen Forstbetriebe in der Schadregion davon aus, dass 60-80 % des Holzes geschädigter Buchen zum Sägen verwertbar sind (ANONYMUS, 2001 B). Demgegenüber werden für belgisches Käferholz Preisnachlässe von mindestens 90 % gewährt (DGRNE-DNF, 2001). In Rheinland-Pfalz wird selbst leicht erkranktes Buchenholz ohne Ausscheidung einer HKS-Güteklasse als Verpackungs- und Palettenholz aufgenommen (WILHELM *et al.*, 2001). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass sich insbesondere größere Sägewerke derzeit nicht in der Lage sehen, durch Käferbefall geschädigtes Holz zu verarbeiten (ANONYMUS, 2001 B).

Zumindest im Sommer stieg die Ausbeute an verwertbarem Schnittholz mit zunehmendem Stammdurchmesser an (vgl. Abb. 16 B, 16 B). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass sich der Laubnutzholzborkenkäfer selten tiefer als 8 cm in seine Brutstämme einbohrt (VITÉ, 1952). Daher ist der Anteil des für den Käfer unerreichbaren Stammkerns am Gesamtvolumen umso größer, je dicker die Bäume sind, so dass dem Laubnutzholzborkenkäfer in schwachen und mittelstarken Buchenstämmen hinsichtlich des geschädigten Holzvolumens eine relativ größere wirtschaftliche Bedeutung zukommen dürfte als in starken. Allerdings wird vor allem die für eine wirtschaftliche Buchenholz-Verarbeitung entscheidende weiße Seitenware durch die Käfer geschädigt.

Im Gegensatz zum Sommer stieg die Ausbeute an verwertbarem Schnittholz im Herbst nicht mit dem Baumdurchmesser an (vgl. Abb. 16 C, 16 C). Dies kann mit dem *H. dermestoides*-Befall einiger Stämme in Verbindung stehen. *H. dermestoides* wurde zwar auch im Sommer schon beobachtet. Anders als *T. domesticum* jedoch, der seine einjährige Generation bereits im Juli abschließt, besitzt *H. dermestoides* eine bis zu dreijährige Generation (SCHWERDTFEGGER, 1983; GRÉGOIRE und DE PROFT, 2001). Anscheinend hat dieser Käfer auch im Spätsommer seine Fraßtätigkeit fortgesetzt und ist in dieser Zeit tiefer in das Stammzent-

rum eingedrungen. Damit übereinstimmend können selbst L<sub>1</sub>-Larven innerhalb von 20 Tagen bis zu 20 cm tiefe Bohrgänge anlegen (EGGER, 1974).

## 4.5 Wertung und Ausblick

Wie die vorliegende Studie gezeigt hat, beeinträchtigt der Stehendbefall stärkerer Buchen durch Nutzhholzkäfer die Holzqualität in spürbarem Umfang durch Bohrlöcher und Verfärbungen. Das Holz wird jedoch nicht vollständig entwertet. Vielmehr bleiben über 90 % des Holzes verwertbar. Die Schäden konzentrieren sich auf das Schnittholz der nördlichen Erdstammstückbereiche.

Die technischen Schäden durch Fraßgänge verändern sich offensichtlich im Spätsommer nicht signifikant. Dies rechtfertigt die rheinland-pfälzischen und belgischen Hinweise zur Nutzung der geschädigten Buchen. Solche Bäume werden nicht sofort eingeschlagen, sondern nur hinsichtlich des Krankheitsfortschritts beobachtet (WILHELM *et al.*, 2001; DE WOUTERS, 2001).

Anders als die technischen Schäden scheint es möglich, dass sich Holzverfärbungen im Spätsommer ausgebreitet haben. Dies führt zu einer Holzentwertung und könnte einen raschen Einschlag käferbefallenen Holzes nahe legen. Sollte der Markt für käfergeschädigtes Holz nicht aufnahmefähig sein (WILHELM *et al.*, 2001), so treten solche Überlegungen jedoch zurück. Die Entscheidung für eine Nutzung von Käferbuchen orientiert sich deshalb zumindest, wenn parallel Holzfäulen auftreten, vorwiegend an den Erfordernissen der Verkehrssicherungspflicht.

Die vorliegende orientierende Studie konnte einige wichtige Fragen im Zusammenhang mit der technisch-wirtschaftlichen Auswirkung der Buchenerkrankung nicht untersuchen. Da es sich um eine zeitlich eingegrenzte Momentaufnahme handelt, konnte der Schadensfortschritt während des Frühlings und im Jahr nach dem Käferbefall bisher nicht beleuchtet werden.

Versuchsbedingt entsprachen die Bedingungen des Verarbeitungsprozesses nicht den betrieblichen Bedingungen der Schnittholz-erzeugenden Verarbeitungsbetriebe. Deshalb wurden mögliche praktische Probleme durch den Käferbefall von Buchenstammholz wie erhöhter Sortieraufwand, verringerte Produktivität oder überproportionale Wertverluste bei den wertvollsten Schnittholzsortimenten nicht ökonomisch untersucht. Vor diesem Hintergrund

scheint es sinnvoll, den wirtschaftlichen Auswirkungen des Stehendbefalls von Buchen durch holzbrütende Käfer mit weiteren themenbezogenen Studien zu nachzugehen.

## 5 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Auswirkung von Käferbefall auf das Schnittholz hiebsreifer bzw. nahezu hiebsreifer Buchen untersucht. Zu diesem Zweck wurden im Sommer und Herbst 2001 je 10 käfergeschädigte Buchen aus dem Hunsrück hinsichtlich der technischen Schnittholzschäden durch Brutgänge im Holz und der ästhetischen Schnittholzschäden durch käferbedingte Holzverfärbungen untersucht. Die beobachteten Schnittholzschäden wurden zu äußeren Stammmerkmalen in Beziehung gesetzt. Außerdem wurden mögliche Tendenzen der Schadensentwicklung beleuchtet.

Obleich alle untersuchten Buchen außer dem Käferbefall äußerlich gesund erschienen, litten insgesamt 8 Buchen an Weißfäule. Insbesondere in diesen Stammbereichen traten Schäden durch *Hylecoetus dermestoides* auf. Der bedeutendste Schädling des Buchenholzes war jedoch *Trypodendron domesticum*. Diese beiden Käferarten traten mit Befallsdichten von bis zu 230 Einbohrversuchen / m<sup>2</sup> Stammoberfläche auf. Dennoch war mit ca. 7,5 % nur ein geringer Anteil des Schnittholzes technisch durch Bohrlöcher oder ästhetisch durch spindelförmige blauviolette Verfärbungen entwertet. Während sich die Schäden in der Regel auf die nördlichen Bretter der Erdstammstücke konzentrierten, wurde das Schnittholz der anderen Stammteile nur wenig befallen.

In Sommer und Herbst traten vergleichbare technische Schäden durch Bohrlöcher auf. Demgegenüber war das Schnittholz im Herbst deutlich stärker als im Sommer verfärbt. Dies konnte darauf zurückgeführt werden, dass die blauviolette Verfärbung um die Bohrlöcher herum im Herbst deutlich flächiger als im Sommer war.

Die relativen Ausbeuteverluste waren im Sommer umso geringer, je stärker die Buchen waren. Vor dem Hintergrund eines größeren *H. dermestoides*-Anteils am Gesamtbefall ließ sich im Herbst ein ähnlicher Zusammenhang nicht beobachten. Andererseits erwies sich die Befallsdichte der Stammoberfläche der entrindeten Erdstammstücke sowohl im Sommer als auch im Herbst als aussagekräftiger Weiser für die zu erwartende Schnittholzentwertung.

## 6 Literatur

**ANONYMUS (2001 A):** La mortalité du hêtre en Wallonie. *Quelle unbekannt*: S. 3.

**ANONYMUS (2001 B):** Buchensterben in Südbelgien führt zu Unruhe am Laubrundholzmarkt. *EUWID* 40/2001

**ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (Hrsg.) (1996):** *Forstliche Standortsaufnahme*. 5. Auflage. Eching: IHW-Verlag. 352 S.

**ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG IN DER ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (Hrsg.) (1985):** *Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland*. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH. 170 S + 1 Karte.

**BLOCK, J., FISCHER, H. und WIRTH, P. (1997):** Die Holzqualität absterbender und abgestorbener Stieleichen. *HZB* 123: S. 562-564.

**DELB, H. (2001):** Rinden- und holzbrütende Käfer im Zusammenhang mit der Buchenkomplexkrankheit. In: STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION SÜD (Hrsg.): *Wissenschaftliches Symposium zur Buchenkomplexkrankheit in der Eifel*. Neustadt an der Weinstraße: Selbstverlag der Zentralstelle der Forstverwaltung. 16 S.

**DE PROFT, M., GREGOIRE, J.-C. und HUART, O. (2001):** Scolytes du hêtre: confection des arbres-pièges. *Silva belgica* 03/2001: S. 15-17.

**DE WOUTERS, P. (2001):** *Mortalité du hêtre – quelques suggestions pour vendre et exploiter les bois*. Brüssel: Selbstverlag der Société Royale Forestière de Belgique. 3 S.

**DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT, DIVISION DE LA NATURE ET DES FORETS (DGRNE-DNF, Hrsg.) (2001):** *Maladie du hêtre wallon*. Jambes: Dossier des Ministère de la région wallon, direction régional des ressources naturelles et des forêts. 5 S.

**DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.) (1988):** *Normen über Holz*. Berlin und Köln: Beuth Verlag GmbH. 240 S.

**EGGER, A. (1974):** Beiträge zur Morphologie und Biologie von *Hylecoetus dermestoides* L. (Col., Lymexilonidae). *Anz. Schädlingskde. Pflanzen-Umweltschutz* 47: S. 7-11.



- EISENBARTH, E. (2001):** Statusbericht zur Buchenkomplexkrankheit in der Eifel. In: STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION SÜD (Hrsg.): *Wissenschaftliches Symposium zur Buchenkomplexkrankheit in der Eifel*. Neustadt an der Weinstraße: Selbstverlag der Zentralstelle der Forstverwaltung. 16 S.
- EISENBARTH, E., WILHELM, G. J. und BERENS, A. (2001):** Buchen-Komplexkrankheit in der Eifel und den angrenzenden Regionen. *AFZ* **58**: S. 1212-1217.
- EUROPÄISCHE ORGANISATION DER SÄGEWERKE (Hrsg.) (2001):** *Note on the belgian wood market*. Selbstverlag. 1 S.
- FORSTDIREKTION KOBLENZ (Hrsg.) (1993):** *Forsteinrichtung des Staatswaldes Saar-Hochwald*. Koblenz: Selbstverlag der Forstdirektion Koblenz.
- FORSTDIREKTION KOBLENZ (Hrsg.) (1993):** *Forsteinrichtung des Staatswaldes Hermeskeil*. Koblenz: Selbstverlag der Forstdirektion Koblenz.
- FRANCKE, W. und HEEMANN, V. (1974):** Lockversuche bei *Xyloterus domesticus* L. und *X. lineatus* Oliv. (Coleoptera: Scolytidae) mit 3-Hydroxy-3-methylbutan-2-on. *Z. ang. Ent.* **75**: S. 67-72.
- GRAF, E. (1993):** Einfluss von Forstinsekten auf die Holzqualität. *Schweiz. Z. Forstwes.* **144**: 789-802.
- GREGOIRE, J.-C. und DE PROFT, M. (2001):** Le lymexylon dermeste (*Hylecoetus dermestoides*). *Forêt wallone* **52** (Mai/Juni): S. 18.
- HUART, O. (2001):** Mortalités du hêtres en forêts wallone: synthèse illustrée des principaux symptômes observés et conseils d'intervention lors du martelage. *FUSAGx – Gestion et Economic forestières* **März 2001**. 3 S.
- HUART, O. und RONDEUX, J. (2001):** Genèse, évolution et multiples facettes d'une maladie inhabituelle affectant le hêtre en région wallonne. *Forêt Wallonne* **52** (Mai/Juni): S. 8-19.
- KERCK, K. (1972):** Chemische Läuterung – Buchenstammholzschädlinge. *FuH* **27**: S. 59-60.
- KERCK, K. (1976):** Zur Bedeutung der primären und sekundären Anlockung von *Xyloterus domesticus* L. (Col., Scolytidae). *Z. ang. Ent.* **82**: S. 119-123.
- KLIMETZEK, D, VITÉ, J. P. und MORI, K. (1980):** Zur Wirkung und Formulierung des Populationslockstoffes des Nutzholzborkenkäfers *Trypodendron (=Xyloterus) lineatum*. *Z.ang. Ent.* **89**: S. 57-63.
- KRAMER, H. (1988):** *Waldwachstumslehre*. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 374 S.

**LONSDALE, D. (1980):** Nectria infection of beech bark in relation to infestation by *Cryptococcus fagisuga* Lindner. *Eur. J. For. Path.* **10**: S. 161-168.

**MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN (Hrsg.) (1993):** *Richtlinien und Vorschriften für Waldbau und Forsteinrichtung; hier: Umsetzung und Grundsätze einer ökologischen Waldentwicklung*“, AZ.: 735-5001/5501. Mainz: Selbstverlag des Ministeriums für Umwelt und Forsten. 4 S. + 1 S. Anlage.

**NIESAR, M. (2001):** Buchenerkrankung in Nordrhein-Westfalen. In: STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION SÜD (Hrsg.): *Wissenschaftliches Symposium zur Buchenkomplexkrankheit in der Eifel*. Neustadt an der Weinstraße: Selbstverlag der Zentralstelle der Forstverwaltung. 16 S.

**ORBAY, L., M<sup>C</sup>LEAN, J. A., SAUDER, B. J. und COTTELL, P. L. (1994):** Economic losses from ambrosia beetles in coastal British Columbia, Canada. *Can. J. For. Res.* **24**: S. 1266-1276.

**PANKERT, C. (2001):** Stand der Buchenkrankheit in der wallonischen Region. In: STRUKTUR- UND GENEHMIGUNGSDIREKTION SÜD (Hrsg.): *Wissenschaftliches Symposium zur Buchenkomplexkrankheit in der Eifel*. Neustadt an der Weinstraße: Selbstverlag der Zentralstelle der Forstverwaltung. 16 S.

**PETERCORD, R. (2001):** Buchenrindensterben in der Eifel. *Der Waldbauer* **34/2001**: S. 56-58.

**PETERCORD, R. (2002):** *Nutzholzkäferbefall rheinland-pfälzischer Buchen – Ursachen und Mechanismen* (Arbeitstitel). Trippstadt: Selbstverlag der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz. In Vorbereitung.

**RAMISCH, H. (1984):** *Zur Wirtsfindung von Trypodendron domesticum und Trypodendron lineatum (Coleoptera: Scolytidae)*. Dissertation an der Universität Göttingen. Göttingen: Selbstverlag des Instituts für Standortlehre und Waldhygiene – Abteilung Forstzoologie – der Universität Göttingen. 288 S.

**RAMISCH, H. und BOMBOSCH, S. (1986):** Ein Beitrag zur Brutbaumerkennung von *Trypodendron lineatum* (Ol.) und *Trypodendron domesticum* (L.). *J. Appl. Ent.* **102**: S. 422-431.

**SCHOBER, R. (1987):** *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. Frankfurt am Main: J. D. Sauerländer's Verlag. 166 S..

**SCHÖNHERR, J., KRAUTWURST, K und RÖBLER, W. (1983):** Schadinsekten in Buchenalt-holzbeständen. *AFZ* **50**: S. 1361-1363.

**SCHRÖTER, H. (2001):** Belgische Buchenerkrankung gibt Rätsel auf. *HZB* **127**: S. 1800.

**SCHWERDTFEGER, F. (1981):** *Die Waldkrankheiten*. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. 486 S.

**VITÉ, J. P. (1952):** *Die holzerstörenden Insekten Mitteleuropas*. Textband. Göttingen: „Musterschmidt“ Wissenschaftlicher Verlag. 155 S.

**WILHELM, G. J., EISENBARTH, E. und HEIDINGSFELD, N. (2001):** Hinweise zur Vorgehensweise bezüglich der Buchenerkrankung. *AFZ* **58**: S. 1218-1219.

### **Abkürzungen:**

AFZ	= Allgemeine Forstzeitschrift
Can. J. For. Res.	= Canadian Journal for Forest Research
Eur. J. For. Path.	= European Journal for Forest Pathology
EUWID	= Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH
FuH	= Forst und Holz
HZB	= Holz-Zentralblatt
J. Appl. Ent.	= Journal for Applied Entomology
Schweiz. Z. Forstwes.	= Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Z. ang. Ent.	= Zeitschrift für angewandte Entomologie