

Rindenschäden und Holzfäuleerreger an Elsbeere

Jörg Kunz, Patrick Pyttel, Jörg Grüner und Jürgen Bauhus

Die Elsbeere (*Sorbus torminalis*) ist in Mitteleuropa eine seltene Mischbaumart der Eichen- und Buchenwälder warmer und trockener Standorte [14, 31]. Insgesamt erstreckt sich ihr Verbreitungsgebiet von Spanien bis Kleinasien, sie ist sowohl in Nordafrika als auch auf Bornholm angesiedelt. Besonders häufig ist die Elsbeere in ehemaligen Mittel- und Niederwäldern vorzufinden [15], was unter anderem mit ihrer Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung durch Stockausschläge und Wurzelbrut begründet wird. Ihr Holz ist überaus wertvoll und starkes und qualitativ hochwertiges Stammholz erzielt höchste Verkaufserlöse [12, 17, 35]. Hochwertige Stämme sind jedoch rar. Oft wird das Holz durch einen fakultativen Farbkern oder Fäulnis entwertet [32, 36].

Verantwortlich für diese wertmindernden Holzfehler sind meist äußere Einwirkungen (wie z.B. Rindenschäden) und Veränderungen im Rahmen des physiologischen

Alterungsprozesses [9]. Als Ursachen der Rindenschäden werden Witterungseinflüsse (Wind, Frost, Sonnenbrand), Schäden durch Bewirtschaftung (Rücke- und Fäll-

schäden, Ästung), Tiere (Insekten, Wild) und Steinschlag genannt [10, 32]. Auch Wurzelverwachsungen sind als weiterer Infektionsweg denkbar. Hierbei entwickelt sich das Pilzmyzel bereits infizierter Individuen bis in die Wurzeln hinein. Nach Berührung bzw. Verwachsung mit Wurzeln gesunder Nachbarbäume werden Schaderreger übertragen [10]. Insbesondere die weitverzweigten, zusammenhängenden Wurzelsysteme der Wurzelbrut bildenden Baumarten sind dafür anfällig [2].

Folgen äußerer Verletzungen sind zunächst abnorme, zumeist dunkel gefärbte Bereiche im noch gesunden Holz [35]. Der entstehende fakultative Farbkern ist eine Schutzreaktion des Baumes. Dabei werden vermehrt Thyllen gebildet und pilzhemmende Stoffe in den Holzkörper eingelagert. Verläuft dieser Prozess und die Überwallung der Verletzung zu langsam, folgt oftmals ein Befall durch holzersetzen Pilze [9, 28]. Die Schäden durch den Folgebefall sind für den Baum häufig gravierender als die eigentliche Verletzung [24].

Die Neigung zu Pilzbefall und Fäulnis wurde bereits von mehreren Autoren beschrieben [8, 25, 30, 36]. Dennoch gibt es nur wenige Untersuchungen über die Ursachen der Rindenverletzungen und einen Befall durch holzersetzen Pilze an dieser Baumart. Daher soll diese Untersuchung zeigen, wie häufig äußerlich erkennbare Schäden in unbewirtschafteten Stockausschlagwäldern sind. Ferner sollen mögliche Ursachen für Pilzeintrittspforten und die in Fäulnisbereichen der Elsbeere vorhandenen Pathogene identifiziert werden.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projekts „Schutz durch Nutzung – multifunktionale Entwicklung von Niederwäldern in Rheinland-Pfalz“ der Universität Freiburg und der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz wurden Versuchsflächen in durchgewachsenen Niederwäldern in der Nähe von Baumholder (Landkreis Birkenfeld) angelegt. Die untersuchten Flächen befinden sich in 15 bis 25 ° geneigten Hanglagen mit südwestlicher Exposition, ihre Höhe liegt zwischen 280 und 450 m ü.NN (genauere Beschreibung siehe [21, 23]). Seit dem letzten Niederwaldhieb vor 80 Jahren fanden weder waldbauliche Behandlungen, noch Maßnahmen der Wildschadensverhütung statt.

Im Frühjahr 2009 wurden auf den Untersuchungsflächen alle Elsbeeren höher als 1,3 m inventarisiert. Dabei wurden neben Brusthöhendurchmesser (Bhd) und Höhe der Bäume auch alle äußerlich sichtbaren Stammschäden aufgenommen (Abb. 1 und 2). Um mögliche Schadursachen zu ermitteln, wurden an entsprechenden Elsbeeren die obere und untere Begrenzung des Schadens über Bodenniveau und die mittlere Breite des Schadens gemessen. Anhand dieser Messwerte wurde die Fläche des Schadens an der Stammoberfläche berechnet. Ferner wurde die Exposition jeder Schadfläche bestimmt. Traten an einem Individuum mehrere Rindenschäden auf, so fanden die zuvor beschriebenen Aufnahmen

nur am flächenmäßig größten Schaden statt. Des Weiteren wurde der Ursprung aller inventarisierten Elsbeeren bestimmt. Bestand eine oberirdisch sichtbare Verbindung zu Nachbarindividuen, wurde diesen Elsbeeren die Ursprungskategorie „im Stock stehend“ zugeordnet. Fehlte die Verbindung zum Nachbarn, wurde unterstellt, dass die Elsbeeren aus Samen oder Wurzelbrut entstanden.

Im November 2010 wurden zur Bestimmung relevanter Pathogene 30 faustgroße Abschnitte aus befallenen Stammbereichen der Elsbeeren entnommen. Im Labor der Professur für Forstbotanik der Universität Freiburg wurden aus den Holzproben unter sterilen Bedingungen aus verfärbten und zersetzten Bereichen des Kernholzes 4 mm lange Abschnitte entnommen und auf geeignete Nährmedien überführt. Nach zwei Wochen wurden die wachsenden Pilzmyzelien vereinzelt und gruppiert. Substrate mit störenden Besiedlern (z.B. Schimmelpilze) wurden frühzeitig verworfen, da diese als Verursacher der Fäule nicht infrage kamen. Insgesamt konnten 14 verschiedene Pilzisolat untersucht werden. Zur Durchführung der molekulargenetischen Bestimmungen wurde die DNA der in Kulturen wachsenden Pilzmyzelien extrahiert und vermehrt. Anschließend wurden die DNA-Sequenzen über die öffentlich zugängliche Datenbank NCBI abgeglichen, um eine Bestimmung auf Artniveau zu ermöglichen.

J. Kunz und P. Pyttel promovieren am Waldbau-Institut der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg und werden von Prof. J. Bauhus betreut. Dr. J. Grüner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur für Forstbotanik derselben Fakultät.



Jörg Kunz

joerg.kunz@waldbau.uni-freiburg.de

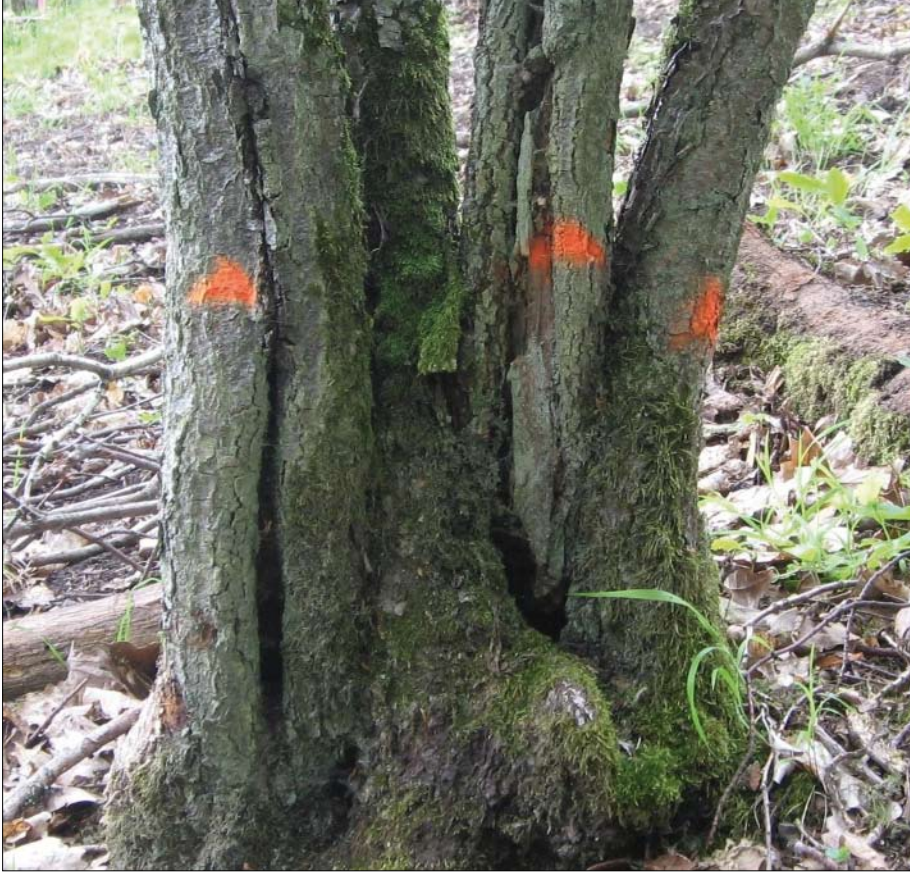


Abb. 1: Gruppe von Elsbeeren aus Stockausschlag entstanden. Zu sehen sind für die Untersuchungsbestände typische, große Faul- und Hohlstellen im Stammfuß.

Fotos: J. Kunz



Abb. 2: Elsbeere mit großem Schaden im unteren Stammbereich. Die Fäulnis hat bereits große Teile des Kernholzes zersetzt, der Baum ist dennoch lebend.

Foto: Thomas Weich

Ergebnisse

Von den 665 untersuchten Elsbeeren wiesen mehr als die Hälfte (51 %) mindestens einen äußerlich sichtbaren Rindenschaden auf (Tab 1). Von den Individuen mit gemeinsamem Wurzelstock waren 54 % beschädigt. Das Schadprozent lag damit etwas, aber nicht signifikant höher als bei vereinzelt stehenden Bäumen, von denen 48 % Stammschäden aufwiesen.

Vor allem Elsbeeren mit geringem Bhd waren häufig beschädigt (Abb. 3). So wiesen fast 70 % der untersuchten Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser unterhalb 4 cm einen Rindenschaden auf. Zudem waren die meisten Rindenschäden sehr klein (Abb. 4). An 35 % der Individuen mit verletztem Stamm betrug die Schadfläche weniger als 10 cm². Die mittlere Schadflä-

che lag bei knapp 40 cm², der größte aufgenommene Rindenschaden nahm eine Fläche von 350 cm² auf der Stammoberfläche ein. Im unteren Bereich des Stammfußes waren sowohl die größten als auch meisten Schäden zu beobachten (Abb. 4). Insgesamt befand sich der untere Rand der Schadfläche bei fast drei Viertel aller Schäden (72 %) in einer Höhe von unter 25 cm über Grund. Mit steigender Stammhöhe nahm die Anzahl der Rindenschäden kontinuierlich ab, während die Fläche der Schäden relativ konstant blieb.

Stammschäden traten am häufigsten in südlicher Richtung auf (Abb. 5). Die Häufigkeit der Schäden entgegen der Hangrichtung (nordöstliche Exposition) war nicht erhöht, die wenigsten Schäden wiesen eine östliche Orientierung auf. Es konnten jedoch keine statistisch signifi-

Tab. 1: Absoluter und relativer Anteil geschädigter Elsbeeren im Bundesforstamt Baumholder in Abhängigkeit von ihrer Entstehungsart

	untersucht		beschädigt	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Elsbeeren gesamt	665	100	336	50,5
Aus Wurzelbrut/Samen	391	58,8	187	47,8
Im Stock stehend	274	41,2	149	54,4

kanten Zusammenhänge zwischen den Schadhäufigkeiten und Exposition festgestellt werden.

Als holzzersetzender Pilz konnte anhand von Rhizomorphen (wurzelähnliche Myzelstränge) Hallimasch (*Armillaria sp.*) an betroffenen Elsbeeren sowohl direkt vor Ort als auch im Labor bestätigt wer-

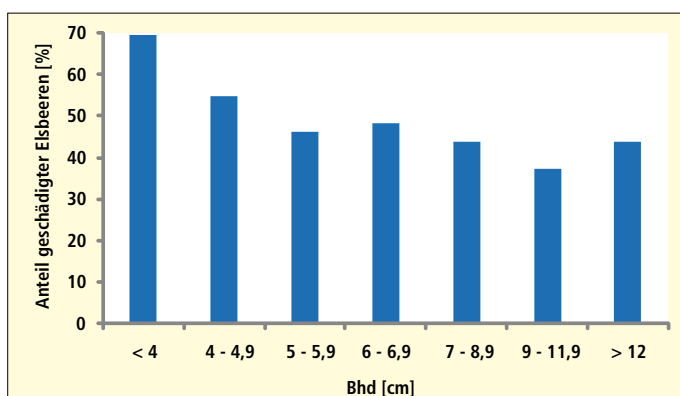


Abb. 3: Prozentsatz geschädigter Elsbeeren, aufgeteilt nach Bhd-Klassen (N=665)

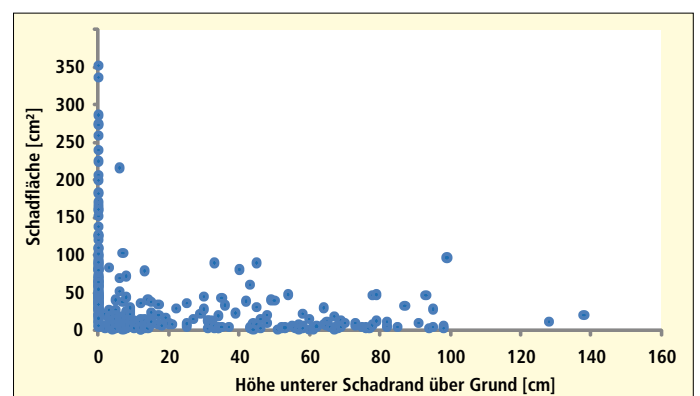


Abb. 4: Fläche der Rindenschäden, aufgetragen über Höhe des unteren Schadrandes (N = 335)

Tab. 2: Rinden- und Stammschäden verursachende Pilze an Elsbeere

Pathogen		Autor
<i>Armillaria</i> sp. ¹⁾	Hallimasch	[11]
<i>Inonotus hispidus</i> ²⁾	Zottiger Schillerporling	Diese Untersuchung
<i>Laetiporus sulphureus</i>	Schwefelporling	[4]
<i>Nectria cinnabarina</i>	Zinnoberroter Pustelpilz	[3]
<i>Neonectria ditissima</i>	Buchenkrebs	[3]
<i>Neonectria galligena</i>	Obstbaumkrebs	[3]
<i>Phaeoacremonium angustius</i> ²⁾	–	Diese Untersuchung
<i>Phylloporia ribis</i>	Strauchporling	[8]
<i>Polyporus squamosus</i>	Schuppiger Porling	[8]
<i>Sistotrema brinkmannii</i> ²⁾	Brinkmanns-Rindenpilz	Diese Untersuchung
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Verticilliumwelke	[4]

¹⁾ Pathogene konnten innerhalb dieser Untersuchung nachgewiesen werden, ²⁾ Erstnachweise an Elsbeere

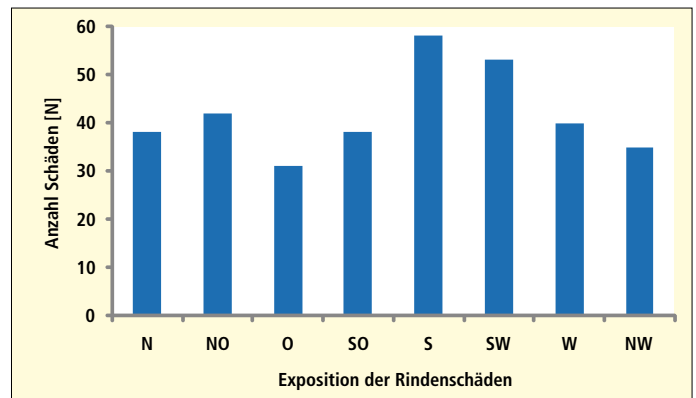


Abb. 5: Anzahl beschädigter Elsbeeren, aufgeteilt nach Exposition des Rindenschadens (N = 335). Die Exposition ist mit N (Nord), NO (Nordost), O (Ost), SO (Südost), S (Süd), SW (Südwest), W (West) und NW (Nordwest) abgekürzt.

den. Mittels molekulargenetischer Verfahren wurde zusätzlich erstmalig an Elsbeere Zottiger Schillerporling (*Inonotus hispidus*), Brinkmanns-Rindenpilz (*Sistotrema brinkmannii*) sowie *Phaeoacremonium angustius* nachgewiesen (siehe Tab. 2).

Diskussion

Der Anteil beschädigter Elsbeeren an der Gesamtpopulation war mit knapp 51 % deutlich höher als nach Hiebmaßnahmen in Wirtschaftswäldern, wo je nach Arbeitsverfahren und Gelände mit Rindenschäden an 25 bis 38 % der Bäume gerechnet werden muss [5]. Die in den Untersuchungsbeständen festgestellten Schadhäufigkeiten sind jedoch keinen menschlichen Eingriffen zuzuordnen. Bemerkenswert ist zudem, dass viele der beschädigten Elsbeeren einen Bhd unterhalb der Derbh Holzgrenze aufwiesen. Zwar gelten Schäden bei schwach dimensionierten Bäumen für die holztechnologische Verwendung als wenig bedeutend [34], dennoch ist jeder

Schaden immer eine Belastung für das betroffene Individuum. Insbesondere die hohen Schadanteile bei Elsbeeren unterhalb der Derbh Holzgrenze könnten zukünftig zu einer Verringerung der Stabilität der gesamten Population führen. Reduzierte Zuwächse und eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber nachfolgenden Schadeinflüssen können die Folge sein. Die Wundheilung schreitet bei Bäumen mit höherer soziologischer Stellung, stärkeren Zuwachsraten und größerem Bhd deutlich schneller voran [19, 33, 34]. Da die untersuchten Elsbeeren zu einem Großteil von der Traubeneiche (*Quercus petraea*) überwachsen wurden, [21] erscheint eine rasche Wundheilung insbesondere bei schwach dimensionierten Individuen wenig realistisch.

Entscheidend für das Ausmaß der Schäden ist auch die Fähigkeit des Baumes, mögliche Fäulnis durch den Aufbau einer Schutzholzzone und zügige Überwallung der Wunde zu verhindern oder aufzuhalten (Abb. 6). Bezüglich der Resistenz der Elsbeere gegenüber Pilzbefall gibt es

jedoch keine wissenschaftlich belastbaren Arbeiten, die sich genauer mit den physiologischen Reaktionen auf Rindenschäden und holzzeretzende Pathogene befassen. *Sorbus torminalis* wird nicht nur als anfällig gegenüber einer Vielzahl von Pilzkrankheiten angesehen [36], auch wird ihrem Holz nur eine sehr geringe Widerstandskraft bei Befall durch Schaderreger zugesprochen [8]. Allerdings zeigen die vorliegenden Beobachtungen, dass die Elsbeere durch den Aufbau einer Schutzholzzone und gutes Überwallungsvermögen eine Fäule aufhalten kann (Abb. 7). Da bisher auch nur wenige pilzliche Schaderreger für die Baumart bekannt sind, muss eine pauschale Einteilung bezüglich ihrer Schadanfälligkeit wie bisher hinterfragt werden. Nach der Interpretation der Schadbilder können zwei verschiedene Infektionswege für die vorhandenen Stammschäden in Betracht gezogen werden, die Infektion über Verletzungen am Stamm oder der Eintritt von Pathogenen über die Wurzel.

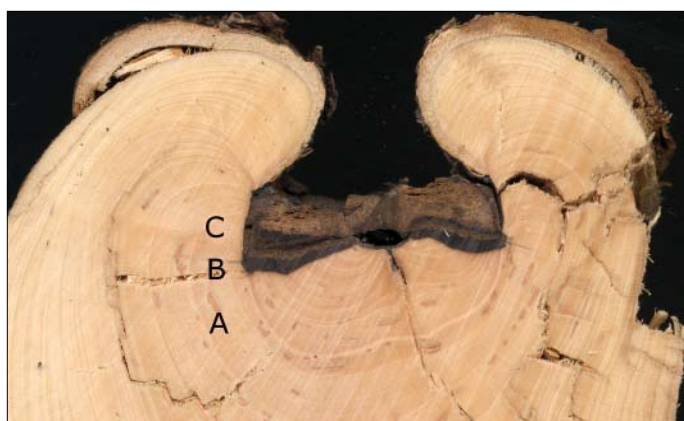


Abb. 6: Stammquerschnitt durch beschädigte Elsbeere. An das gesunde Holz (A) schließt sich die fakultativ verfärbte Schutzholzzone an (B). Sie bildet den Übergang zur durch Pilze verursachten Fäule (C). Gut zu erkennen sind sowohl die hellen Fäulnisbereiche, in denen schon große Teile des Holzkörpers abgebaut wurden, als auch die bereits weit fortgeschrittene Überwallung der Wunde.



Abb. 7: Querschnitt durch den Stammfuß einer Elsbeere aus Stockauschlag entstanden. Sowohl die einzelnen Austriebe als auch deren Grenz-bereich weisen Stellen fortgeschrittener Fäulnis auf. Diese ist teilweise deutlich überwallt (rechter Bereich) und daher äußerlich nicht erkennbar.

Der erhöhte Anteil von Rindenschäden in südlicher Himmelsrichtung könnte auf eine Anfälligkeit der Elsbeeren für Sonnenbrand hindeuten, allerdings gilt die Art als dagegen unempfindlich [18]. Würde Steinschlag als Auslöser für äußere Schäden infrage kommen, so müsste in nordöstlicher Exposition, orthogonal zur Hangneigung, ein erhöhtes Schadaufkommen zu beobachten sein. Dies war nicht der Fall.

Die Untersuchungsbestände liegen im Gebiet des Truppenübungsplatzes Baumholder. Aufgrund der speziellen Flächennutzung sind weite Teile des Gebiets nicht betretbar und stellen ein ideales Habitat für unterschiedlichste Wildarten dar. Daher können Schäl-, Fege- bzw. Schlagsschäden sowie Verbiss durch Nager und Schalenwildarten als weitere Ursachen für Rindenschäden in Betracht gezogen werden. Die zuweilen bereits in der Etablierungsphase zugefügten Verbisschäden könnten zu Pilzbefall führen, der sich dauerhaft im Stammbereich festsetzt (vgl. Abb. 2 und 3).

Das Auftreten von Zottigem Schillerporling und Schwefelporling an der Elsbeere ist sehr wahrscheinlich das Ergebnis dieses Wirkungswegs. *Laetiporus sulphureus* ist ein Wundparasit und Stammfäuleerreger an verschiedenen Laubbäumen, der das Kernholz abbaut, Splint und Bast aber normalerweise nicht besiedelt [1]. Als Ergebnis der Infektion bleiben nahezu ausgehöhlte Stammstücke zurück (vgl. Abb. 2). Auch der Zottige Schillerporling ist für ausgeprägte Kernfäulen an verschiedensten Laubbäumen bekannt. Dieser wärme-liebende Pilz kann über frische Wunden das Holz besiedeln und verursacht in der Regel eine Weißfäule [13, 26]. Brinkmanns-Rindenpilz gilt als Folgebesiedler von Verletzungen, der typischerweise an bereits faulem Holz anzutreffen ist [6].

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Pilzen verbreitet sich *Armillaria sp.* meist durch Rhizomorphie, die in den Wurzelbereich der Bäume eingreifen und diese infizieren [1]. Ebenso kann Hallimasch aber auch als Folgebesiedler an geschwächten Bäumen auftreten [26]. Der Pilz wurde bereits bei *Sorbus torminalis* nachgewiesen und gilt als gefährlichster Schaderreger der Art [11]. Der insbesondere durch seine Beteiligung an der Esca-Krankheit an Weinstöcken bekannt gewordene Erreger *Phaeoacremonium angustius* zersetzt häufig Wurzelholz [7]. Allerdings sind die Infektionswege des Pathogens an Laubbäumen noch unbekannt und wurden bislang noch nicht beobachtet.

Die Fähigkeit der Elsbeere zur vegetativen Vermehrung kann bei Infektionen

durch Pilze von Nachteil sein. So ist nicht nur eine schnelle Übertragung der Pathogene zum Nachbarbaum möglich, sondern aufgrund des identischen Genoms eine mangelnde Anpassungsfähigkeit und unzureichende Abwehrstrategie der einzelnen Wurzelsprosse wahrscheinlich [2]. Dieses Phänomen ist bei Eichen aus Stockausschlägen bereits bekannt [27]. Die Verbindung einzelner Austriebe durch den gemeinsamen Stock ermöglicht ein Übergreifen von Pathogenen zwischen den einzelnen Austrieben [22, 29]. Dabei wirken absterbende Eichenaustriebe als Überträger für Pathogene, abgebrochene Triebe dienen als Eintrittspforten [16, 29].

Eine weitere Erklärung für die hohe Anzahl der in Bodennähe geschädigten Elsbeeren ist, dass äußerlich sichtbare Rindenschäden aus dem Inneren des Holzkörpers hervordringen können ([27]; Abb. 4). Häufig lässt sich die Holzersetzung im Inneren eines Elsbeerstammes von außen nicht erkennen (Abb. 7), wodurch die Anzahl der als gesund angesprochenen Individuen nach unten korrigiert werden müsste. Auch die Höhe des Anteils wurzelbürtiger Fäulen an den äußerlich sichtbaren Rindenschäden ist so nicht feststellbar.

Folgerungen

Trotz dieser Ergebnisse hinsichtlich der Schäden an Elsbeeren sollten durchgewachsene Niederwälder nicht als mögliche Standorte für die Produktion qualitativ hochwertiger Elsbeeren ausgeschlossen werden. Diese Wälder bieten nicht nur einen geeigneten Lebensraum für *Sorbus torminalis* [21], sondern nehmen auch große, derzeit waldbirtschaftlich kaum genutzte Flächen ein. Allein in Rheinland-Pfalz gibt es 160 000 ha solcher Bestände [20].

Die Vermeidung von Verletzungen im Stamm- und Wurzelbereich gilt häufig als einzige Möglichkeit der Prävention vor Pathogenen [1], doch lassen sich Rindenschäden vor allem auf forstwirtschaftlich genutzten Flächen nicht gänzlich vermeiden [9]. Allerdings helfen schon einfache Maßnahmen, einen großen Teil der Eintrittswege für Pathogene zu reduzieren. Dazu zählt eine frühzeitige Vereinzelung von Individuen aus Stockausschlägen schon vor Erreichen der Derbhohlgrenze [29], da bis dahin eine vollständige Wundheilung möglich ist [22]. Zusätzlich sollte aufkommende Verjüngung konsequent vor Verbiss und Schälungen geschützt werden [18, 30]. Vor allem aber führen umsichtige Planung und Durchführung der Holzernte zu einer deutlichen Minimierung von Rindenschäden am Stamm [32].

Literaturhinweise:

- [1] ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B. [Hrsg.]: (2002): Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Eugen Ulmer, Stuttgart, 434 S. [2] BECKER, A. (1979): Ökologische, physiologische, genetische und praktische-waldbauliche Aspekte des Vorkommens von Wurzelbrut bei Waldbäumen. Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen 4 (2): 40-45. [3] BRANDENBURGER, W. (1985): Parasitische Pilze an Gefäßpflanzen in Europa. Fischer, Stuttgart, 1248 S. [4] BUTIN, H.; NIENHAUS, F.; BÖHMER, B. (2003): Farbatlas Gehölzkrankheiten: Ziersträucher und Parkbäume. 3. Auflage. Ulmer, Stuttgart, 287 S. [5] BUTORA, A.; SCHWAGER, G. (1986): Holzermittelschäden in Durchforstungsbeständen. Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen Nr. 288, Birmensdorf, 51 S. [6] Chappela, I. H.; Boddy, L. (1988): The fate of early fungal colonizers in beech branches decomposing on the forest floor. FEMS Microbiology Letters 53: 273-284. [7] CHICAU, G.; ABOIM-INGLEZ, M.; CABRAL, S.; CABRAL, J. P. S. (2000): Phaeoacremonium chlamydosporum and Phaeoacremonium angustius associated with esca and grapevine decline in Vinho Verde grapevines in northwest Portugal. Phytopathologia Mediterranea 39: 80-86. [8] Conrad, H. (1947): Die Elsbeere. Seminararbeit an der Forstlichen Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen, 29 S. [9] DIMITRI, L. (1983): Die Wundfäule nach Baumverletzungen in der Forstwirtschaft: Entstehung, Bedeutung und die Möglichkeiten der Verhütung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102: 68-79. [10] DIMITRI, L. (1986): Biologie der Stammfäulen, ihre Bedeutung für den Waldbau und die Möglichkeiten ihrer Verhütung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 137: 377-388. [11] DRAPIER, N. (1993): Recherches d'éléments de sylviculture pour l'Alsier terminal. Revue forestière française 45: 321-334. [12] FRANKE, A.; DAGENBACH, H.; HAUFF, U. (1990): Erhaltung und Nachzucht seltener Baumarten in Baden-Württemberg. AFZ-DerWald 45: 166-168. [13] GONZÁLEZ, V.; SÁNCHEZ-TORRES, P.; HINAREJOS, R.; TUSET, J. J. (2009): Inonotus hispidus fruiting bodies on grapevines with ESCA symptoms in Mediterranean areas of Spain. Journal of Plant Pathology 91: 465-468. [14] HÄRDITZ, W.; EWALD, J.; HÖLZEL, N. (2004): Wälder des Tieflandes und der Mittelgebirge. Ulmer, Stuttgart, 252 S. [15] HOEBEE, S. E.; ARNOLD, U.; DÜGGELIN, C.; GUGERLI, F.; BRODBECK, S.; ROTACH, P.; HOLDEREGGER, R. (2007): Mating patterns and contemporary gene flow by pollen in a large continuous and a small isolated population of the scattered forest tree *Sorbus torminalis*. Heredity 99: 47-55. [16] JOHNSON, P. S.; SHIFLEY, S. R.; ROGERS, R. (2002): The Ecology and Silviculture of Oaks. CABI, Wallingford, 503 S. [17] KAHLE, M. (2007): Zur Modellierung des Wachstums der Elsbeere (*Sorbus torminalis*) in Mischbeständen. Forstarchiv 78: 3-11. [18] LÖBF (Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen) (2004): Merkblatt zur Artenförderung. Elsbeere. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 8 S. [19] McQUILKIN, W. E. (1950): Effects of Some Growth Regulators and Dressings on the Healing of Tree Wounds. Journal of Forestry 48: 423-428. [20] MILAD, M.; HELFRICH, T.; BIELING, C.; KONOLD, W.; PYTTTEL, P.; MATTHES, U. (2008): Entstehung und Bedeutung – Ehemalige Niederwälder in Rheinland-Pfalz. AFZ-DerWald 22: 1202-1204. [21] PYTTTEL, P.; KUNZ, J.; BAUHUS, J. (2011): Wachstum der Elsbeere in ehemaligen Niederwäldern. AFZ-DerWald 66 (4): 7-10. [22] ROTH, E. R.; HEPTING, G. H. (1943): Wounds and Decay by Removing Large Companion Sprouts of Oaks. Journal of Forestry 41: 190-195. [23] SCHNEIDER, M. (2004): Von der zivilen Kulturlandschaft zur militärischen Dienstleistungslandschaft. Das Beispiel Truppenübungsplatz Baumholder. Doktorarbeit am Institut für Landschaftsplanung, Universität Freiburg, 244 S. [24] SCHULZ, H. (1973): Auswirkungen von Rückeschäden an jungen Buchen und Edellaubhölzern. Holzforschung 27: 42-47. [25] SCHÜTE, G. (2001): Jugendwachstum und Schattentoleranz vegetativer Verjüngungen der Elsbeere (*Sorbus torminalis* CRANTZ). Forst und Holz 56: 11-15. [26] SCHWARZE, F. W. M. R.; ENGELS, J.; MATTHECK, C. (1999): Holzzerstörernde Pilze in Bäumen. Strategien der Holzzerstörung. Rombach, Freiburg, 245 S. [27] SHIGO, A. L. (1971): Discoloration and decay in oak. In Oak Symposium Proceedings, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Upper Darby, S. 135-141. [28] SHIGO, A. L. (1972): Successions of Microorganisms and Patterns of Discoloration and Decay after Wounding in Red Oak and White Oak. Phytopathology 62: 256-259. [29] SMITH, W. H. (1970): Tree pathology: a short introduction. Academic Press, New York, London, 309 S. [30] SOMMER, A. (2003): Elsbeeren im Hessischen Forstamt Homberg/Ohm. AFZ-DerWald 58: 572-574. [31] SPIECKER, H. (2006): Minority tree species – a challenge for multi-purpose forestry. In: Diaci, J. [Hrsg.] Nature-based forestry in Central Europe: alternatives to industrial forestry and strict preservation. Department of Forestry and Renewable Forest Resources - Biotechnical Faculty, Ljubljana, S. 47-59. [32] STEYRER, G. (1992): Ausmaß und Bewertung von Stammfäulen in einem Fichtenforstbetrieb. Centralblatt für das Gesamte Forstwesen 109: 221-249. [33] VASILIAUSKAS, R. (1998): Patterns of Wounding and Decay in Stems of *Quercus robur* Due to Bark Peeling. Scandinavian Journal of Forest Research 13: 437-441. [34] VOLKERT, E.; SIUTS, U.; DIERKS, H. (1954): Untersuchungen über den Einfluß des Rotwildschälens auf die Holzeigenschaften der Rotbuche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 125: 277-286. [35] WEIHS, U. (2001): Farberkrankung am stehenden Elsbeerestamm. AFZ-DerWald 56: 268-270. [36] WILHELM, G. J. (2007): Sorbus am Ostrand des Pariser Beckens: Vorkommen und waldbauliche Behandlung. In: Maurer, W. D. [Hrsg.] Förderkreis Speierling. Tagungs- und Exkursionsführer zur Jahrestagung, Trippstadt, S. 13-17.