

forstarchiv 82, 216-224
(2011)

DOI 10.4432/0300-
4112-82-216

© DLV GmbH

ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:
michael.nill@mlr.bwl.de

Eingegangen:
26.10.2010

Angenommen:
10.06.2011

Rindenschäden mit mutmaßlichem Bezug zur Holzernte im Spiegel der Betriebsinventuren in Baden-Württemberg

Status quo and changes in logging-caused bark damages in Baden-Württemberg reflected in inventory data

MICHAEL NILL, ULRICH KOHNLE und UDO HANS SAUTER

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Postfach 708, D-79007 Freiburg

Kurzfassung

Das Ausmaß holzerntebedingter Rindenschäden hat in Baden-Württemberg ein außerordentlich problematisch hohes Niveau von insgesamt 28 % der Bäume erreicht; zudem ist es innerhalb einer Forsteinrichtungsperiode in den untersuchten Betrieben stark angestiegen. Die Hauptbaumarten Fichte und Buche weisen die höchsten Beschädigungsgrade auf (beide 28 %). Es konnte gezeigt werden, dass bei Hiebsmaßnahmen bei Fichte und Buche tendenziell zwar vorwiegend „auf den beschädigten (schlechten) Stamm geschlagen“ wird. Dieser positive Effekt wird jedoch durch die hohen Neubeschädigungsgrade innerhalb der Inventurperiode überkompensiert. Der Anteil von im bodennahen Bereich liegenden Rindenschäden stieg dabei vergleichsweise weniger stark an als der Anteil von Bäumen mit in höheren Schaftbereichen liegenden Rindenschäden. Ursache hierfür bildet die Entnahmepaxis der Forstbetriebe, die vor allem auf die selektive Entnahme von Bäumen mit bodennahen Rindenschäden abstellte, jedoch deutlich seltener Bäume mit höher gelegenen Rindenschäden entnahm. Der Grad der Neubeschädigung spielt dagegen für die unterschiedliche Entwicklung der Schadprozente kaum eine Rolle: Im Beobachtungszeitraum entstanden etwa in gleichem Umfang neue bodennahe Rindenschäden wie höher gelegene Rindenschäden. Die Hauptbaumarten Fichte und Buche weisen gegenüber anderen Baumarten eine signifikant erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Rindenschäden auf. Mögliche Konsequenzen für die Betriebsteuerung werden diskutiert.

Schlüsselwörter: holzerntebedingter Rindenschaden, Ernteschaden, Schadenstyp, Entwicklung des Schadprozentes, Baumarten-Empfindlichkeit

Abstract

Bark damages caused by logging activities occur at unacceptably high levels in forests of southwest Germany (28% of the trees). Furthermore, the level has increased in the last two decades. Spruce and beech as the major tree species are shown to display the highest level of bark damages (both 28%). Although foresters obviously tend to favour cutting of previously damaged trees in thinnings, this trend is more than counterbalanced by the amount of newly caused damages resulting in an overall increase of damage levels over time. Taking into account the position of the damages along the axis of the stems, the following development becomes apparent: damages occurring at ground-level (< 1 m) didn't increase much, as trees carrying such damages are favoured for cutting in thinnings. In contrast, the level of damages occurring at heights above 1 m doubled approximately, as trees displaying this damage characteristic were relatively seldom selected for cutting. In order to explain these differences with the second possible factor, the amount of newly damaged trees is negligible: in the observed two decades both ground-level and damages occurring at heights above 1 m increased in approximately the same way. Among the tree species investigated, spruce and beech are shown to be significantly more vulnerable to sustain harvesting induced bark damages than the other tree species. Possible operational consequences are discussed by the authors.

Key words: extraction bark damage, logging damage, damage types, development of damage level, tree species sensitivity

Einleitung

Im Zuge von Holzerntemaßnahmen werden unweigerlich verbleibende Bäume durch den Fällungs-, Rücke- oder Aufarbeitungsvorgang verletzt (Vasiliauskas 2001). Meist kommt es dabei zur Beschädigung der Rinde. Solche Rindenschäden führen zur Bildung von Wundgewebe oder ermöglichen das Eindringen holzzeretzender Pilze. Dies vermindert die Holzqualität erheblich und kann nachgelagerte Verarbeitungsprozesse beispielsweise im Sägewerk stören. Grundsätzlich spielt die Holzqualität neben der Menge des produzierten Holzes eine entscheidende Rolle für den wirtschaftlichen Erfolg eines Forstbetriebs (Vospernik 2004). Nicht zuletzt deshalb, weil die mögliche Schnittholzausbeute und effiziente Verarbeitung des Rundholzes in

den Werken der Holzindustrie maßgeblich den wirtschaftlichen Erfolg bestimmen. Dies gilt insbesondere für moderne Betriebe in der Sägeindustrie, die für mitteleuropäische Forstbetriebe Hauptkunden darstellen. Aufgrund der verursachten Ausbeuteverluste beziehungsweise Qualitäts- oder Preisabschläge kommt holzerntebedingten Rindenschäden in diesem Zusammenhang das Merkmal indirekter Holzerntekosten zu, welche erheblichen Einfluss auf den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg eines Forstbetriebes haben können.

Die Brisanz der Thematik wurde im Zuge der aufkommenden Mechanisierung und des Übergangs vom Kurzholzsortiment zu Kranlängen und fallenden Längen Mitte der 1960er-Jahre erkannt (Mahler 1987). Ab den 1970er- und verstärkt in den 1980er-Jahren begann man sich im deutschsprachigen Raum intensiv damit zu be-

fassen. Meng (1978) bereite das Thema in seiner Dissertation so substanzvoll auf, dass auf diese Arbeit auch heute noch regelmäßig im Zusammenhang mit motormanuellen Ernteverfahren zurückgegriffen wird. Seit Mitte der 1980er- und besonders in den 1990er-Jahren wurden dann die verstärkt mechanisierten Holzernteverfahren, deren Einsatz sich auch zunehmend in Hanglagen erstreckte, hinsichtlich ihrer Bestandespflughigkeit untersucht. Für die Schweiz und Österreich analysierten Butora und Schwager (1986) und Vospernik (2004) mögliche Ursachen bei der Entstehung von Rindenschäden auf der Grundlage einer breiten Datenbasis. Vasiliauskas (2001) fasste in einer Literaturstudie eine Vielzahl internationaler Untersuchungen zusammen.

Zeitgleich wurde bei der Auswertung der zweiten deutschen Bundeswaldinventur (BWI²; Stichjahr 2002) deutlich, dass Rindenschäden durch Holzernte besonders in Baden-Württemberg mit 22 % der erfassten Bäume ein hohes Niveau erreicht haben (Polley und Hennig 2005). Aufgrund methodisch unterschiedlicher Vorgehensweisen bei den beiden deutschen Bundeswaldinventuren bezüglich der Ansprache von Rindenschäden lässt sich die Entwicklung dieser Schäden zwischen den beiden Inventurjahren 1987 und 2002 nicht quantitativ analysieren (Kohnle und Kändler 2007).

Im Gegensatz zu den beiden BWI werden bei den stichprobengestützten permanenten Betriebsinventuren (BI) der baden-württembergischen Forsteinrichtung Rindenschäden nach einem einheitlichen Ansatz erfasst (Korn-Allan et al. 2004). Dabei werden bodennahe Rindenschäden stets separat angesprochen. Höher liegende Rindenschäden können dagegen zusätzlich als eigenes Merkmal oder vermengt in einem Konglomerat mit anderen Stammschäden angesprochen werden. Die Entscheidung für das jeweilige Vorgehen fällt dabei betriebsweise. Basierend auf Daten der Betriebsinventuren erscheint es daher möglich, repräsentative Einblicke in das aktuelle Schadniveau und dessen Entwicklung in Baden-Württemberg zu erhalten. Dabei können zur Beurteilung bodennaher Rindenschäden alle Inventurdaten verwendet werden, zur Beurteilung höher liegender Rindenschäden kann dagegen nur eine reduzierte Anzahl von Inventuren ausgewertet werden, bei denen diese (fakultativen) Merkmale auch tatsächlich erhoben wurden (im Folgenden als Teilkollektiv bezeichnet). Im Rahmen der Forsteinrichtung erfolgen auf Basis der Betriebsinventuren für den jeweiligen Forstbetrieb Auswertungen, die auch auf Aspekte von Ausmaß und Entwicklung von Rindenschäden im Betrieb eingehen.

Die auf Betriebsebene erhobenen Befunde weisen bezüglich holzerntebedingter Rindenschäden auf eine unbefriedigende Entwicklung hin. Zur Auslotung von Handlungsbedarf und Maßnahmen zur Gegensteuerung gab daher die Landesforstverwaltung (heute: ForstBW) bei der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) ein mehrteiliges Projekt in Auftrag. Im Folgenden wird über die Ergebnisse des ersten Teilbereichs dieses Projektes berichtet, der die differenzierte Analyse verfügbarer BI-Daten hinsichtlich Ausmaß, Struktur und Entwicklung solcher Rindenschäden zum Ziel hatte. Im Einzelnen wurden dazu folgende Fragestellungen näher untersucht:

- Wie hoch ist das aktuelle Niveau der Schäden, wie hat es sich entwickelt, und an welcher Stelle der Stämme („Schadlage“) treten die Schäden auf?
- Werden bei den Hieben im Durchschnitt bevorzugt bereits beschädigte Bäume entnommen?
- In welchem Umfang werden Bäume während einer Hiebsmaßnahme neu beschädigt?
- Unterscheiden sich die Baumarten hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit für holzerntebedingte Rindenschäden?

Material und Methoden

Zur Definition des Begriffs „holzerntebedingte Rindenschäden“

Nach Meng (1978) definiert sich ein erntebedingter Rindenschaden als eine „durch Holzernte verursachte Verletzung an der Rinde verbleibender Bäume“. Nach dieser Definition liegt die Mindestgröße relevanter Rindenschäden bei 10 cm², und der Holzkörper muss freiliegen bzw. die Rinde darf nur noch lose anliegen.

Im gängigen Sprachgebrauch wird häufig zwischen Rücken- und Fällschäden unterschieden: Rindenschäden, die bis etwa einen Meter Höhe am Stamm auftreten, werden als Rückeschäden, Rindenschäden oberhalb dieser Höhe als Fällschäden bezeichnet. Diese Klassifikation ist jedoch nicht unproblematisch. Zum einen müssten bei mechanisierter Holzernte prinzipiell zusätzlich Aufarbeitungsschäden an gassennahen Bäumen angesprochen werden (Guglhör und Melf 1995). Zum anderen findet die Aufnahme der Rindenschäden in der Regel erst nach Abschluss eines Hiebs statt, wodurch eine eindeutige Zuordnung des Schadens zum verursachenden Arbeitsschritt häufig nicht möglich ist. Außerdem stellten verschiedene Autoren fest, dass nicht die Entstehung eines Rindenschadens, sondern seine Lage am Stamm (Löffler 1975, Meng 1978, Leinß 1991) sowie die Größe und Tiefe der Verletzung (Mäkinen et al. 2007) entscheidend sind für eine Infektion mit Wundfäuleerregern. Aufgrund dieser Unwägbarkeiten werden im Folgenden nicht die Begriffe „Rückeschaden“ und „Fällschaden“, sondern „bodennaher Rindenschaden“ und „höher liegender Rindenschaden“ verwendet.

Permanente Betriebsinventuren in Baden-Württemberg

Bei permanenten Betriebsinventuren in Baden-Württemberg (BI) handelt es sich um ein Inventurverfahren auf der Grundlage permanenter Stichproben (Kemmner und Risse 1994). Die Bäume im Bereich der Stichprobenpunkte (STP) werden auf konzentrischen Kreisen nach gestaffelten Kluppschwellen erfasst. Bei einer Folgeinventur werden die Probestämme anhand ihrer Polarkoordinaten identifiziert und vermessen.

Bei der Aufnahme werden auch Rindenschäden einzelbaumweise erfasst. Hierbei werden Schältschäden differentialdiagnostisch als eigene Schädskategorie angesprochen und gesondert von den Rindenschäden (i. e. S.) erfasst. Im Anhalt an die Definition nach Meng (1978) sehen Anweisungen für die Aufnahmetrupps als Kriterium für „Rindenschaden“ explizit vor, dass hierunter nur Schadstellen mit Größen ab 10 cm² zu erfassen sind, bei denen der Holzkörper tatsächlich frei liegt. Rindenschäden können sowohl am Stamm als auch an der Wurzel liegen, werden bei den Aufnahmen jedoch nicht registriert, wenn der Schaden weiter als einen Meter vom Stammfuß entfernt liegt. Vor dem Hintergrund dieser Aufnahmeanweisungen kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die in den Betriebsinventuren erfassten Rindenschäden zum weitaus überwiegenden Teil durch oder im Zusammenhang mit Holzerntearbeiten entstanden sein dürften.

Der für die vorliegende Untersuchung zugrunde liegende Datensatz setzt sich aus Inventurbetrieben zusammen, für die mit Stichtag Februar 2008 eine Wiederholungsaufnahme vorlag. Der abgedeckte Zeithorizont liegt zwischen den Jahren 1989 und 2008 und umfasst somit etwa die letzten 20 Jahre. Die Periodenlänge zwischen den Inventurzeitpunkten schwankt zwischen 7 und 14 Jahren, bei 95 % der Stichprobenpunkte liegt diese zwischen 8 und 11 Jahren. Für die Zwecke dieser Untersuchung wird keine Gewichtung anhand der Periodenlänge vorgenommen, da das Schadereignis unmittelbar vom Ernteeingriff abhängt, und damit nur bedingt von der Länge der Inventurperiode (Vospernik 2004). Berücksichtigt werden nur Bäume des Hauptbestandes ab einer Höhe von 1,3 m und einem

BHD von mindestens 7 cm, da bei den Betriebsinventuren nur an solchen Bäumen Rindenschäden angesprochen werden. 97 % der im Datensatz repräsentierten Bäume entfallen auf folgende neun Baumarten: Fichte (Fi, 59 %), Weißtanne (Ta, 9 %), Waldkiefer (Kie, 6 %), Douglasie (Dgl, 2 %), Lärche (Lä, 2 %, sowohl Europäische als auch Japanische Lärche), Rotbuche (Bu, 14 %), Eiche (Ei, 3 %, sowohl Stieleiche als auch Traubeneiche, jedoch keine Roteiche), Esche (Es, 1 %) und Bergahorn (BAh, 1 %).

Die Charakterisierung der Einzelbaumbesichtigungen hinsichtlich eines Rindenschadens erfolgt in zwei Stufen. Zunächst wird jeder Baumbesichtigung zugeordnet, ob ein bodennaher Rindenschaden vorliegt. Hierfür werden alle zur Verfügung stehenden Inventurdaten verwendet. Dieses Ergebnis wird binär kodiert (0 = kein Rindenschaden, 1 = bodennaher Rindenschaden). Im zweiten Schritt wird allen Beobachtungen innerhalb des Teilkollektivs zusätzlich eine von folgenden vier möglichen Ausprägungen zugeordnet: 0 = kein Rindenschaden; 1 = bodennaher Rindenschaden; 2 = höher liegender Rindenschaden; 3 = doppelter Rindenschaden (Baum mit sowohl bodennahem als auch höher liegendem Rindenschaden).

Alle Berechnungen wurden mithilfe von SAS/Stat Software, Version 9.1.3 des SAS-Systems für Windows© 2002-2003 von SAS Institute Inc. durchgeführt. Zur Berechnung des Schadprozents je Stichprobenpunkt werden die verwendeten Beobachtungen entsprechend ihrer inventurbedingten Auswahlwahrscheinlichkeit gewichtet (vgl. Formel 1). Die Berechnung des durchschnittlichen Schadniveaus zu beiden Inventurzeitpunkten erfolgt durch arithmetische Mittelung der Schadprozente aller Stichprobenpunkte. Dieses Vorgehen führt im Prinzip zu einem flächengewichteten Mittelwert des Schadgrades und vermeidet, dass sich die Aufnahmen in jüngeren, baumzahlreicheren Beständen stärker auf den Mittelwert auswirken als die Aufnahmen in älteren Beständen, in denen grundsätzlich weniger Bäume aufgenommen werden.

Sollten zu einem Inventurzeitpunkt keine Beobachtungen vorhanden sein, wird für diesen Stichprobenpunkt Schadfreiheit unterstellt. Durch diese Bedingung können nutzungsbedingte Veränderungen im Altersaufbau der Wälder berücksichtigt werden, vor allem der Übergang von endgenutzten (oftmals schadhaltigen) Altbeständen zu (im Wesentlichen mutmaßlich unbeschädigten) Folgeverjüngungen. Die Berechnung des Schadniveaus bodennaher Rindenschäden bezieht alle Inventurbetriebe ein (43 Forstbetriebe (34 im Staatswald, 9 im Kommunalwald), 55.050 Stichprobenpunkte und 533.245 (Erstinventur, „BlE“) bzw. 471.430 (Folgeinventur, „BlF“) Baumbesichtigungen). Die repräsentierte Holzbodenfläche entspricht dabei etwa 110.000 ha. Die Berechnung der Schadniveaus getrennt nach bodennahen und höher liegenden Rindenschäden stützt sich auf das Teilkollektiv (10 staatliche Forstbetriebe, 17.064 Stichprobenpunkte, 164.479 (BlE) bzw. 142.879 (BlF) Baumbesichtigungen, etwa 34.000 ha repräsentierte Holzbodenfläche). Die räumliche Lage der Stichprobenpunkte ist in Abbildung 1 ersichtlich.

Ursachen der Entwicklung

Für einen Baum gibt es grundsätzlich drei denkbare Ereignisse, die ihm zwischen den Inventurzeitpunkten widerfahren können: a) Er kann geerntet werden oder absterben, b) er kann infolge von Hiebsmaßnahmen einen neuen Rindenschaden erleiden, oder c) er kann die Periode unverändert überdauern. Um den potenziellen Ursachen der Entwicklung der Schäden nachzugehen, muss sichergestellt werden, dass am Stichprobenpunkt zwischen den beiden Inventurzeitpunkten auch tatsächlich mindestens eine Hiebsmaßnahme stattgefunden hat. Stichprobenpunkte ohne Hiebsmaßnahme führen lediglich zu einer „Nullen-inflation“, können aber nicht zur Ursachenklärung beitragen. Die Analyse orientiert sich am sogenannten „Anfangswertverfahren“. Dabei stellt sich der Betrachter gedanklich auf den Stichprobenpunkt zum Zeitpunkt der Erstinventur und

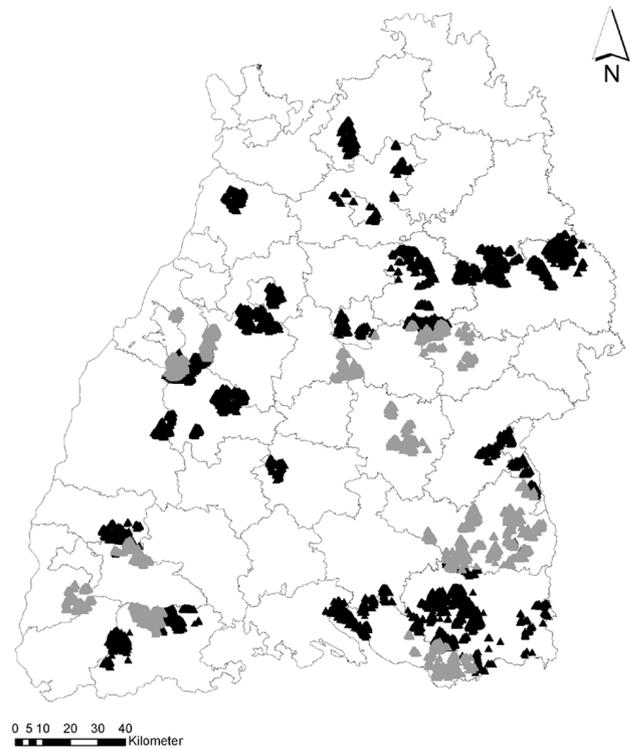


Abb. 1. Lage der untersuchten Stichprobenpunkte (STP) in Baden-Württemberg; hellgrau: Teilkollektiv; schwarz: alle Inventurbetriebe.

Area map of the analysed sample plots in Baden-Württemberg; light grey: subpopulation; black: all data.

verfolgt, was mit den aufgenommenen Bäumen bis zum Zeitpunkt der Folgeinventur geschieht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der inventurbedingte Einwuchs bei diesem Vorgehen nicht einbezogen werden kann und zur Berechnung der Schadprozente das Gewicht zum Zeitpunkt Erstinventur verwendet werden muss. Diese Technik erlaubt es, folgende Fragen zu untersuchen: „Werden bei einem Hieb bevorzugt beschädigte Bäume entnommen?“ und „In welchem Umfang werden Bäume neu beschädigt?“

Zur Beantwortung der ersten Frage wird das Schadprozent derjenigen Bäume der Erstinventur, die bis zum Zeitpunkt der Folgeinventur geerntet wurden, verglichen mit dem Schadprozent derjenigen Bäume, die wiederholt aufgenommen wurden. Die Berechnung der Prozentwerte erfolgt nach Formel 1:

$$\frac{\sum (\text{Gewicht})_{RS}}{\sum (\text{Gewicht})_{alle}} \cdot 100 \quad (1)$$

Die Verwendung der probepunktbezogenen Werte ermöglicht einen paarweisen Vergleich. Da eine Prüfung für alle Gruppen ergab, dass die Annahme einer Normalverteilung verworfen werden muss, wird mithilfe des nicht-parametrischen (verteilungsfreien) Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests geprüft, ob sich die Schadprozente des ausscheidenden und die des bleibenden Bestandes signifikant unterscheiden. Zur Beantwortung der zweiten Frage wird eine neue Variable „Neuschaden“ erstellt. Diese nimmt den Wert 1 an, wenn eindeutig ein neuer Rindenschaden im Zeitraum zwischen den beiden Inventuren am beobachteten Baum hinzugekommen ist. Das „Neuschadprozent“ wird ebenfalls nach Formel 1 berechnet. Insgesamt gehen 29.991 Stichprobenpunkte in die Analyse ein. Analog dazu werden für beide Fragestellungen Schadprozente auch getrennt nach der Lage der Schäden am Stamm im dafür geeigneten Teilkollektiv differenziert (9.599 Stichprobenpunkte).

Unterscheiden sich die Baumarten in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Rindenschäden?

Diese Untersuchungen dienen der Klärung der Frage, ob es bei verschiedenen Baumarten unter vergleichbaren Bedingungen zu unterschiedlichen Beschädigungsgraden kommt. Dabei wird in Pärchenvergleichen am Stichprobenpunkt jeweils einer sogenannten „Referenzbaumart“ eine „Vergleichsbaumart“ gegenübergestellt. Für jeden untersuchten Stichprobenpunkt wird für diese beiden Baumarten das Schadprozent berechnet (Formel 1), die Differenz gebildet und diese mithilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests hinsichtlich ihrer Verteilung um den Nullwert geprüft. Als Referenzbaumarten dienen Fi oder Bu; die Vergleichsbaumarten sind:

- beim Vergleich mit Fi: Ta, Kie, Lä, Dgl und Bu;
- beim Vergleich mit Bu: Ei, Es und BAh.

Anhand geeigneter Auswahlkriterien wird sichergestellt, dass sich die am Stichprobenpunkt verglichenen Bäume hinsichtlich Größe und Häufigkeit in einem ausgewogenen Verhältnis befinden. Durch den direkten Vergleich am Stichprobenpunkt ist davon auszugehen, dass tatsächlich nur Bäume verglichen werden, die unter vergleichbaren Bedingungen gewachsen sind und dem gleichen Holzernteregime unterworfen waren. Für diesen Baumartenvergleich werden sowohl die Erst- als auch die Folgeinventuren einbezogen. Insgesamt liegt dem Baumartenvergleich folgender Stichprobenumfang zugrunde: Vergleich Fi-Ta (Erstinventur: 695 Stichprobenpunkte = STP/ Folgeinventur: 583 STP), Fi-Kie (418/325 STP), Fi-Dgl (58/55 STP), Fi-Lä (157/124 STP), Fi-Bu (529/461 STP), Bu-Ei (197/176 STP), Bu-Es (70/57 STP), Bu-BAh (55/66 STP).

Ergebnisse

Wie hoch ist das aktuelle Niveau der Schäden und wie hat es sich entwickelt?

Bodennahe Rindenschäden (gesamter Datensatz)

Auf der Grundlage des umfangreichen Datenmaterials ergibt sich für die aktuellen Wiederholungsinventuren ein Schadniveau bodennaher Rindenschäden in Höhe von 19 % der erfassten Bäume. Bei ihrer ersten Inventur derselben Stichprobenpunkte lag das Schadniveau um 4 Prozentpunkte niedriger. Die höchsten Beschädigungsgrade finden sich aktuell bei den Baumarten Fi und Ta, die geringsten treten bei Es und Dgl auf (Tabelle 1). Die anderen untersuchten

Tab. 1. Schadprozent bodennaher und höher liegender Rindenschäden (RS), getrennt nach Baumarten für beide Inventurzeitpunkte.
Level of lower and higher bark damages (RS), broken down by tree species and date of inventory.

Baumart	Bodennahe RS, Bif (Ble) (%)	Höher liegende RS, Bif (Ble) (%)	Alle RS, Bif (Ble) (%)
Fichte	22 (18)	12 (5)	28 (22)
Tanne	18 (14)	11 (8)	25 (20)
Douglasie	9 (5)	6 (4)	14 (9)
Kiefer	11 (9)	12 (5)	21 (14)
Lärche	11 (6)	6 (2)	16 (8)
Buche	16 (10)	16 (8)	28 (16)
Eiche	14 (9)	12 (7)	24 (15)
Bergahorn	10 (6)	11 (4)	19 (9)
Esche	8 (5)	12 (5)	19 (10)

Bodennahe Rindenschäden (RS): berechnet mit allen Inventurdaten, weitgehende Übereinstimmung mit dem Teilkollektiv; höher liegende und alle Rindenschäden (RS): berechnet aus dem Teilkollektiv; Ble = Erstinventur, Bif = Folgeinventur

Baumarten nehmen mittlere Positionen ein. Für alle Baumarten gilt, dass sich das Schadniveau in den etwa 10 Jahren zwischen Erst- und Folgeinventur tendenziell stark erhöht hat. Den geringsten absoluten Anstieg verzeichnet dabei die Baumart Kie, den höchsten verzeichnen die Baumarten Bu und BAh. Bei den Baumarten Dgl und Lä hat sich das Schadniveau etwa verdoppelt.

Bodennahe und höher liegende Rindenschäden (Datensatz-Teilkollektiv)

Analysiert man nur das Teilkollektiv, bei dem die Inventuransprachen zwischen bodennahen und höher liegenden Rindenschäden differenzieren, verändert sich das Bild bei den bodennahen Rindenschäden trotz deutlich reduzierten Stichprobenumfangs kaum. Gegenüber dem Anteil an bodennah verletzten Bäumen ist der Anteil von Bäumen mit höher liegenden Rindenschäden geringer. Vor etwa 10 Jahren waren davon 7 % betroffen, aktuell sind es 13 %. Der Vergleich der Ergebnisse der beiden Inventurzeitpunkte macht deutlich, dass bodennah geschädigte Bäume zwar dominieren, diese Schäden insgesamt jedoch weniger stark zugenommen haben (4 Prozentpunkte) im Vergleich zu höher liegenden Rindenschäden (7 Prozentpunkte), die sich – ausgehend von einem deutlich niedrigeren Niveau – im untersuchten Zeitraum fast verdoppelt haben. Unabhängig vom Zeitpunkt der Aufnahme ist die Baumart Fi am häufigsten bodennah und die Baumart Bu am häufigsten höher liegend beschädigt (Tabelle 1).

Altersstruktur

Die Schadprozent bodennaher Rindenschäden steigen tendenziell mit zunehmendem Alter an und erreichen in Alterklasse VIII ein Schadniveau von 27 % (Bif) beziehungsweise 28 % (Ble). Deutlich erkennbar ist ein sprunghafter Anstieg zwischen den Alterklassen II und IV. Die Schadprozent höher liegender Rindenschäden steigen ebenfalls tendenziell mit zunehmendem Alter an. Insgesamt liegt das aktuelle Schadniveau aller – sowohl bodennah als auch höher liegend verletzten Bäume – in den ältesten Beständen bei 39 %.

Exemplarisch am Beispiel der Baumarten Fi und Bu wird gezeigt, dass die Entwicklung der Beschädigungsgrade bei Nadel- und Laubbaumarten unterschiedlich verläuft (Abbildung 2). So ist die Fi von bodennahen Rindenschäden in allen Altersstufen und zu beiden Inventurzeitpunkten stärker als oder zumindest gleich stark wie die Bu betroffen. Dagegen übertrifft die Bu hinsichtlich höher liegender Rindenschäden immer die Fi. Bei der Betrachtung bodennaher Rindenschäden ist der sprunghafte Anstieg der Beschädigungen von Fi zwischen den Altersklassen II und IV auffällig, was die Bu so nicht zeigt. Während die Bu unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt eine stetige Zunahme bodennaher Rindenschäden mit dem Alter aufweist, zeigt sich dies bei der Fi nur für die Erstinventuren. In den Folgeinventuren ist erkennbar, dass Schadprozent ab der Altersklasse IV tendenziell bis zu den ältesten Beständen kaum noch zunehmen und teilweise sogar rückläufig sind. Eine ähnliche Entwicklung ist bei höher liegend beschädigten Fi zum Zeitpunkt der Folgeinventur erkennbar, bei der auch ab der Altersklasse IV sogar tendenziell eher weniger Bäume höher liegend beschädigt sind. Im Vergleich dazu steigt der Beschädigungsgrad höher liegend verletzter Bu über dem Alter tendenziell an (Abbildung 2).

Bei Durchmessern zwischen 40 und 50 cm kulminiert das Schadniveau bodennah und höher liegend verletzter Bäume im Bereich von 24 beziehungsweise 16 %. Die baumartenspezifischen Unterschiede entsprechen weitgehend denen der erläuterten Altersunterschiede und werden deshalb nicht näher ausgeführt.

Werden bevorzugt beschädigte Bäume entnommen?

Der Mittelwert der Differenzen zwischen „bleibendem Bestand“ (BB) und „ausscheidendem Bestand“ (AB) beträgt für alle Baumarten

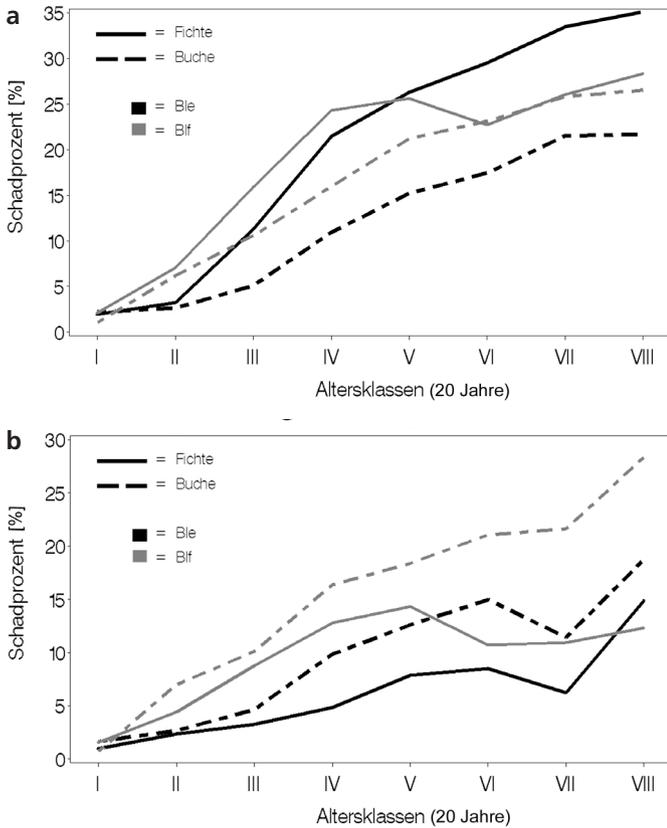


Abb. 2. Entwicklung bodennaher (a) und höher liegender (b) Rindenschäden über Altersklassen, getrennt nach Holzarten und Inventurzeitpunkten. Ble = Erstinventur, Blf = Folgeinventur. Trend of bark damages at both ground level (a) and elevated position at the stem (b) due to stand age, broken down by type of wood (hard-/softwood) and date of inventory. Ble = first inventory, Blf = second inventory.

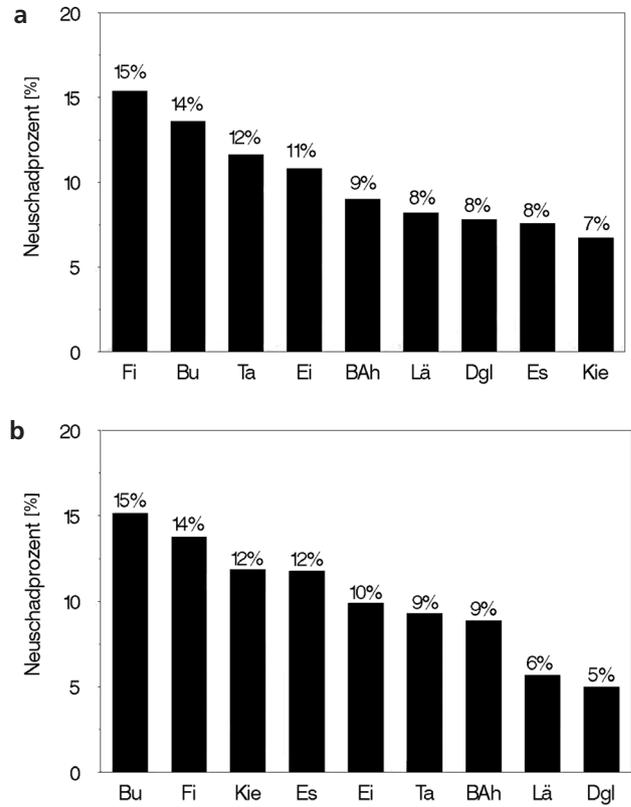


Abb. 3. Neuschadprozente bodennaher (a) und höher liegender (b) Rindenschäden, getrennt nach Baumarten; Bu = Buche, Fi = Fichte, Kie = Kiefer, Es = Esche, Ei = Eiche, Ta = Tanne, BAh = Bergahorn, Lä = Lärche, Dgl = Douglasie. Level of recently caused damages at both ground level (a) and elevated position at the stem (b), broken down by tree species; Bu = beech, Fi = spruce, Kie = pine, Es = ash, Ei = oak, Ta = fir, BAh = sycamore, Lä = larch, Dgl = douglas-fir.

ten insgesamt -2,4 Prozentpunkte, das heißt der Beschädigungsgrad des ausgeschiedenen Bestandes liegt gut 2 Prozentpunkte über dem des verbleibenden Bestandes. Die Differenz ist signifikant, weist allerdings erhebliche Unterschiede zwischen den Baumarten auf (Tabelle 2): Bei Fi und Es werden bodennah beschädigte Bäume bei der Entnahme erkennbar bevorzugt. Im Vergleich dazu entsprechen sich bei BAh, Bu und Ei etwa die Schadprozente bodennaher Rindenschäden des ausscheidenden und des bleibenden Bestandes. Bei Lä, Ta, Kie und Dgl verbleibt tendenziell ein überproportionaler Anteil bereits beschädigter Bäume in den Beständen.

Bei der differenzierten Auswertung hinsichtlich der Lage der Rindenschäden am Stamm (Teilkollektiv) wird ersichtlich, dass Bäume mit doppelten Rindenschäden besonders bevorzugt entnommen

werden. Bei diesen Bäumen liegt der Mittelwert der Differenzen zwischen den Schadprozenten von bleibendem und ausscheidendem Bestand bei -15 Prozentpunkten. Dagegen beträgt der Mittelwert der Differenzen zwischen den Schadprozenten ausschließlich höher liegender Rindenschäden von bleibendem und ausscheidendem Bestand lediglich -0,4 Prozentpunkte, die Differenz ist zudem nicht signifikant.

Besonders ausgeprägt tritt die Entnahme von Bäumen mit doppelten Rindenschäden bei Fi auf (-18 Prozentpunkte), aber auch Fi mit bodennahen (-1,8) und ausschließlich höher liegenden Schäden (-0,5) werden bevorzugt entnommen. Im Gegensatz dazu werden bei Bu zwar auch überwiegend Bäume mit doppelten Rindenschäden entnommen (-10 Prozentpunkte), keinen Unterschied gibt es jedoch zwischen den Schadprozenten des ausscheidenden und des bleibenden Bestandes. Bu mit ausschließlich höher liegenden Rindenschäden werden dagegen wiederum bevorzugt entnommen (-1,1).

Tab. 2. Eingruppierung der untersuchten Baumarten nach Entnahme bodennah beschädigter Individuen, * = sign. ($\alpha = 0,05$). Classification of analysed tree species by cut of trees that are damaged at ground-level, * = sign. ($\alpha = 0,05$).

Gruppe	Baumarten (Differenz BB - AB in %)
1 (AB > BB)	Fichte (-4,75*), Esche (-1,45)
2 (AB ≈ BB)	Bergahorn (0,86*), Buche (0,27*), Eiche (0,26*)
3 (AB < BB)	Lärche (2,27*), Tanne (1,59*), Kiefer (3,57*), Douglasie (1,66*)

BB: bleibender Bestand; AB: ausgeschiedener Bestand

In welchem Umfang werden Bäume bei Hiebsmaßnahmen neu beschädigt?

Der Anteil der bei Hiebsmaßnahmen zwischen den beiden Inventurzeitpunkten bodennah geschädigten Bäume (Neuschadprozent) beträgt insgesamt 13 %. Die höchsten Neuschadprozente bodennaher Rindenschäden weisen die Hauptbaumarten Fi und Bu auf, die geringsten Es und Kie (Abbildung 3).

Im Teilkollektiv treten bei Fi und Bu wiederum die meisten neuen bodennahen Rindenschäden auf. Von neuen höher liegenden

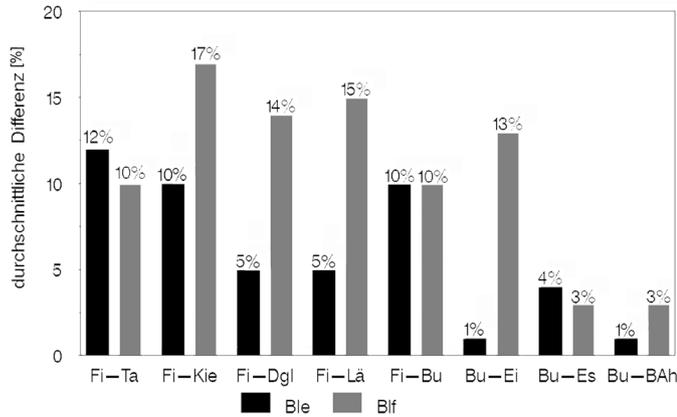


Abb. 4. Häufigkeit von Rindenschäden im Baumartenvergleich am Datensatz der Erst- (Ble) und Folgeinventuren (Bif); Bu = Buche, Fi = Fichte, Kie = Kiefer, Es = Esche, Ei = Eiche, Ta = Tanne, BAh = Bergahorn, Lä = Lärche, Dgl = Douglasie. Frequency of bark damages in comparing tree species, for both first (Ble) and second (Bif) inventory data; Bu = beech, Fi = spruce, Kie = pine, Es = ash, Ei = oak, Ta = fir, BAh = sycamore, Lä = larch, Dgl = douglas-fir.

Rindenschäden betroffen sind wieder die Baumarten Bu und Fi, am wenigsten höher liegende Rindenschäden sind im untersuchten Zeitraum bei den Baumarten Dgl und Lä verursacht worden (Abbildung 3). Insgesamt wurden mehr höher liegende als bodennahe Rindenschäden verursacht (11 % gegenüber 10 %), 3 % aller Bäume wurden sowohl unten als auch oben beschädigt. Das gesamte Neuschadprozent liegt bei 24 %, wobei Fi die höchsten (25 %) und Dgl die geringsten Neuschadprozent (11 %) aufweisen.

Gibt es Unterschiede zwischen den Baumarten bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Rindenschäden?

Die Referenzbaumart Fi weist im Vergleich zu allen anderen geprüften Baumarten ein signifikant höheres Niveau holzerntebedingter Rindenschäden auf (Abbildung 4). Die durchschnittliche Differenz zwischen den für Fi und die jeweilige Vergleichsbaumart berechneten Schadprozenten je Stichprobenpunkt variiert dabei in einem Rahmen von 10 Prozentpunkten (gegenüber Bu) und 17 Prozentpunkten (gegenüber Kie) zum Zeitpunkt der Folgeinventuren. Zum Zeitpunkt der Erstinventuren sind diese Differenzen etwas niedriger ausgefallen, zeigen jedoch die gleiche Baumartenreihung.

Bei den Laubbaumarten zeigt sich, dass die als Referenzbaumart gewählte Bu die vergleichsweise höchsten Schadprozent aufweist. Die Unterschiede zu den anderen Laubbaumarten fallen tendenziell eher geringer aus als die zwischen den Nadelbaumarten und sind darüber hinaus in den meisten Fällen auch nicht statistisch signifikant.

Diskussion

Höhe des Schadniveaus

Aus der zugrunde liegenden Datenbasis leitet sich ein mittleres Schadprozent ab, das bei den bodennahen Rindenschäden gegenwärtig eine Höhe von 19 % aufweist. In der Summe aller holzerntebedingten Rindenschäden ergibt sich ein Schadprozent in Höhe von 28 %. Diese hohen Werte – im Prinzip trägt etwa jeder vierte Baum einen holzerntebedingten Rindenschaden – werfen die Frage auf, inwieweit das von der Datenbasis abgedeckte Kollektiv an Forstbetrieben repräsentativ ist oder ob es sich möglicherweise um einen baden-württembergischen Sonderfall handelt. Ein Vergleich auf der Basis der bundesweiten BWI² zeigt jedoch, dass Letzteres offensichtlich nicht der Fall ist.

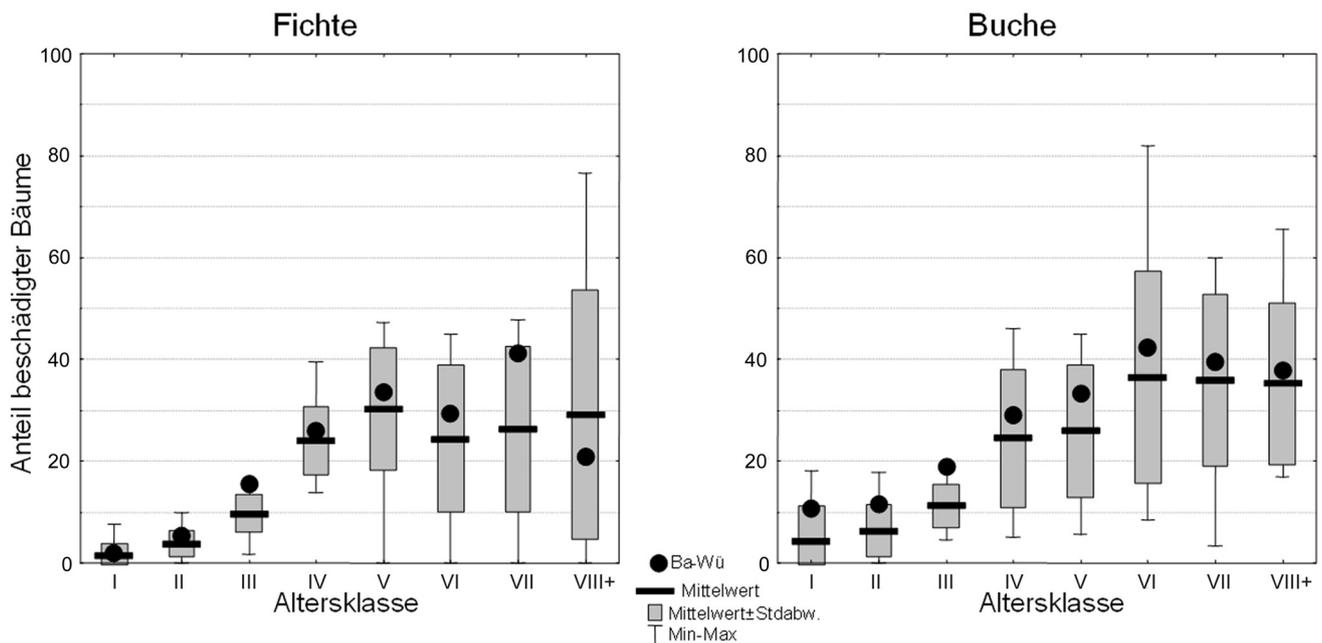


Abb. 5. Häufigkeit holzerntebedingter Rindenschäden bei Fichte und Buche im bundesweiten Vergleich der Staatswälder. Dargestellt sind die Befunde der BWI² für Baden-Württemberg im Vergleich zum Kollektiv der 13 Flächenländer (ohne Berlin, Bremen, Hamburg). Frequency of harvest-related bark damages in 20-years age-classes („Altersklasse“) of spruce and beech in the state owned forests of Baden-Württemberg in comparison to the average of the German states (excepting Berlin, Bremen, Hamburg).

Zu beachten ist bei diesem Vergleich zwar, dass aufgrund unterschiedlicher Kriterien bei der Schadensansprache die Ergebnisse der Betriebsinventuren mit denen der bundesweit einheitlich erhobenen BWI nicht direkt vergleichbar sind. Trotz dieser Einschränkung entspricht das auf der Basis der BI-Folgeinventuren abgeleitete mittlere Schadprozent (28 %) in der Größenordnung etwa dem durchschnittlichen Befund aus der BWI² für Baden-Württemberg in Höhe von 22 % holzerntebedingter Rindenschäden (Polley und Hennig 2005). Die Befunde der BWI² zeigen zudem, dass der Staatswald in Baden-Württemberg hinsichtlich holzerntebedingter Rindenschäden im bundesweiten Vergleich nicht besonders auffällig ist. Im Vergleich der 13 Flächenländer liegen die nach Altersklassen differenzierten Schadprozent (für Fi und Bu) im Staatswald Baden-Württemberg zwar tendenziell eher im oberen Bereich, im Regelfall aber innerhalb des Streurahmens der Standardabweichung (Abbildung 5). Das vergleichsweise höhere Schadniveau ist jedoch nicht unerwartet. Das überdurchschnittliche Zuwachsniveau im Südwesten bedingt eine höhere Frequenz von Durchforstungseingriffen und/oder stärkere Eingriffe, was zu einer rascheren Akkumulation von Schadprozenten führt. Wir gehen daher davon aus, dass unsere im Wesentlichen auf Betriebsinventurdaten des Staatswalds Baden-Württemberg aufbauende Studie keinen singulären Problemfall repräsentiert, sondern in ihren allgemeinen Zusammenhängen als *pars pro toto* für ein offenkundig bundesweit verbreitetes Problem gelten kann.

Auch bezüglich der Verteilungsmuster in Abhängigkeit der Altersklassen liefern die bundesweite Auswertung der BWI² und die hier ausgewerteten baden-württembergischen Betriebsinventuren vergleichbare Ergebnisse. So weist die BWI² bundesweit einen kontinuierlichen Anstieg des Schadprozents bis zu den ältesten Beständen mit Schadprozenten von 33 % aus (BMELV 2004), was hinsichtlich der Verteilungsmuster den hier präsentierten Ergebnissen ähnelt. Das absolute Schadniveau der BI-Folgeinventuren liegt jedoch mit 39 % in den ältesten Beständen insgesamt höher.

Die auf der Basis der baden-württembergischen Betriebsinventuren für den Zeitraum zwischen Erst- und Folgeinventuren abzuleitende markante Zunahme des Schadniveaus in allen Altersklassen legt die Schlussfolgerung nahe, dass das Phänomen zunehmender Rindenschäden nicht auf einzelne Betriebs- oder Bestandssituationen beschränkt ist, sondern im Untersuchungsgebiet als allgemein verbreitet gesichert gelten kann. Außerhalb Baden-Württembergs scheint es jedoch durchaus auch andere Entwicklungen zu geben. So fanden Büchsenmeister und Gugganig (2004) in ihrer Studie abgeleitet aus der österreichischen Bundeswaldinventur aktuell eine kontinuierliche Abnahme holzerntebedingter Schäden zwischen den beiden letzten Inventurzeitpunkten (von 6,7 % [1992/96] auf 6,4 % [2000/02]). Die Autoren dieser Studie diskutieren als möglichen Grund für diese Entwicklung den verstärkten Einsatz bestandesschonender Erntemaßnahmen in Österreich. Auf Grundlage der BWI kann eine deutschlandweite Entwicklung leider nicht berechnet werden. Die aktuellen Beschädigungsgrade in Österreich liegen jedoch mit 6,4 % der Stammzahl über alle Baumarten hinweg in einem ähnlichen Bereich wie die in der BWI², nach der über alle Baumarten hinweg in Deutschland 7,9 % der Bäume beschädigt sind (BMELV 2004). Da sich die Daten der BWI jedoch nicht für eine Analyse der Schadensentwicklung eignen, kann auch nicht nachvollzogen werden, ob deutschlandweit Rindenschäden ähnlich wie in Österreich rückläufig sind oder eher wie in Baden-Württemberg zunehmen.

Empfindlichkeit der Baumarten im Vergleich

Auf der Basis der Schadklassifikation im Rahmen der BWI² weist die Bu mit einem mittleren Schadprozent aller holzerntebedingter Rindenschäden von 16 % deutschlandweit mit Abstand das höchste Schadniveau auf, gefolgt von Fi und Ta (je 11 %). Die vorliegende

Arbeit weist für Baden-Württemberg eine leicht abgeänderte Reihenfolge aus: In Baden-Württemberg zeigt sich die Fi als am stärksten geschädigt (28 %), gefolgt von Bu (ebenfalls 28 %) und Ta (25 %). Das geringste Schadniveau weisen sowohl in der BWI² als auch in den Betriebsinventuren die Baumarten Kie, Dgl und Lä auf. Auch stimmen die im Vergleich zur Fi festgestellten geringeren Beschädigungsgrade der Baumarten Kie, Dgl und Lä gut überein mit den Erkenntnissen von Vospernik (2004) in Österreich: Am häufigsten sind dort Ernteschäden an den Baumarten Fi, Ta, Bu, Ahorn und Grauerle zu finden. Ein deutlich geringeres Schadniveau stellt die Autorin bei den Baumarten Lä, Kie, Ei, Ulme, Linde, Hainbuche und Birke fest. Als eine mögliche Ursache für die unterschiedliche Empfindlichkeit der Baumarten diskutiert Vospernik (2004) die Rindenstärke: Die meisten Baumarten der schadensärmeren Gruppe seien grobborkiger und damit wahrscheinlich weniger empfindlich gegenüber mechanischen Einflüssen als dünnborkige Bäume. Ähnliche Zusammenhänge zeigen auch andere Arbeiten. So konnten Stampfer et al. (2002) in ihrer Studie zeigen, dass die Baumarten Fi und Bu anfälliger für Schäden sind als Baumarten mit stärkerer Rinde. Vasiliauskas (2001) misst vor dem Hintergrund seiner Reviewarbeit der (dickborkigen) Baumart Kie eine höhere Resistenz gegenüber Rindenschäden zu als der (dünnborkigen) Fi.

Prinzipiell spiegeln die Befunde der Betriebsinventuren diesen Trend abnehmender Empfindlichkeit bei Baumarten wider, die zur Ausbildung stärkerer Borke neigen. So weisen unsere Befunde bei den Laubbäumen die Bu mit ihrem vergleichsweise dünnen Periderm als die Laubbbaumart mit der größten Empfindlichkeit für holzerntebedingte Rindenschäden aus. Und auch bei den Nadelbäumen sind dickborkige Baumarten wie Dgl, Kie oder Lä deutlich weniger von Schäden betroffen als die vergleichsweise dünnborkige Fi. Insbesondere der Vergleich der Schadempfindlichkeit zwischen Fi und Ta weist jedoch darauf hin, dass neben der Stärke der Borke auch noch andere Faktoren für die Empfindlichkeit einer Baumart für holzerntebedingte Rindenschäden eine Rolle spielen müssen. Obwohl die Borkestärke bei diesen beiden Baumarten ähnlich ausgebildet ist, zeigt sich die Ta als vergleichsweise deutlich robuster. In dieser Hinsicht bestätigen unsere Ergebnisse die früheren Befunde von Kohnle und Kändler (2007), die auf der Basis ausgewählter waldwachstumskundlicher Versuchsfächen gewonnen worden waren. Bei der gegenüber Fi signifikant verringerten Empfindlichkeit der Ta für holzerntebedingte Verletzungen spielen möglicherweise anatomische Rindenmerkmale eine kausale Rolle: Während für die Tannenrinde das häufige Auftreten (harter) Sklerenchymzellen typisch ist, fehlen diese in der Fichtenrinde nahezu vollständig (Holdheide 1951).

Entnahme beschädigter Bäume

Der Vergleich der Schadprozent zwischen entnommenen und verbleibenden Bäumen zeigt, dass vor allem bei Fi und Es beschädigte Bäume tendenziell bevorzugt entnommen werden. Dies erscheint insbesondere bei der nach Rindenschäden besonders stark wundfäulegefährdeten Fi (Pawsey und Gladman 1965, Bazzigher und Schmid 1969, Isomäki und Kallio 1974, Schönhar 1975, 1979, Kohnle und Kändler 2007) ertragswirtschaftlich sinnvoll. Die Gründe, warum in den untersuchten Betrieben dieser „Hieb auf den schlechten (beschädigten) Stamm“ bei anderen Baumarten offenbar nicht in gleicher Konsequenz praktiziert wurde, lassen sich auf der Basis der Daten nicht klären. Bemerkenswert erscheint dabei, dass bei einigen Baumarten, wie beispielsweise Ta, Kie oder Lä, sogar die Tendenz zu bestehen scheint, bevorzugt unbeschädigte Bäume zu nutzen und Bäume mit Rindenschäden eher im Bestand zu belassen. Fragen, inwiefern dafür möglicherweise vermarktungstechnische Gründe ausschlaggebend sein könnten beziehungsweise ob dieses Vorgehen wirtschaftlich überhaupt sinnvoll ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgegangen. Diese Aspekte bedürfen einer Klärung

durch weitergehende betriebswirtschaftliche Untersuchungen.

Weiterhin geben unsere Untersuchungen bei Fi und Bu Hinweise darauf, dass sich bei diesen Baumarten die Lage eines Rindenschadens am Stamm unterschiedlich auf die Wahrscheinlichkeit auswirkt, dass ein Baum bei einer Hiebsmaßnahme entnommen wird. Zwar werden bei beiden Baumarten Bäume mit doppelten Rindenschäden bevorzugt entnommen. Während jedoch bei den entnommenen Fi ausschließlich bodennah beschädigte Bäume dominieren, findet sich hingegen bei den entnommenen beschädigten Bu ein höherer Anteil von Bäumen mit Rindenschäden ausschließlich in höheren Stammarten. Hinter dieser Entnahmepaxis dürfte wahrscheinlich die von verschiedenen Untersuchungen gestützte Erwartung der forstlichen Praktiker stehen, dass bodennahe Rindenschäden („Rückeschäden“) bei Fi in den meisten Fällen rasch Wundfäulen nach sich ziehen und damit zeitnah zur weitgehenden Entwertung des wertvollsten Stammabschnitts führen (Pawsey und Gladman 1965, Löffler 1975, Meng 1978, Leinß 1991). Bei Bu weist die Entnahmepaxis dagegen darauf hin, dass die forstlichen Praktiker bodennahen Rindenschäden im Gegensatz zu denen an Fi offenbar ein deutlich geringeres Entwertungsrisiko zumessen. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse von Schulz (1973) erscheint diese Entnahmepaxis auch gerechtfertigt, da weniger als 10 % bodennaher Rindenschäden zu Wundfäule führen. Umgekehrt scheinen die Praktiker bei der Bu vor allem für die höher am Stamm liegenden Rindenschäden sensibilisiert und entnehmen gezielt Bäume mit diesem Schadmerkmal. Dies wiederum erscheint als durchaus zweckmäßig vor dem Hintergrund der Befunde von Knorr und Prien (1988), die feststellten, dass höher liegende Rindenschäden bei Bu in über 95 % der Fälle zu tief reichender Stammfäule führen.

Entstehung neuer Rindenschäden

Der Anteil der neu hinzukommenden Bäume mit bodennahen Rindenschäden erscheint mit 13 % der Bäume (Mittelwert über alle Baumarten) recht hoch. Werden zudem zusätzlich noch höher liegende Rindenschäden im Teilkollektiv einbezogen, erhöht sich der Anteil sogar auf 24 %. Der Eindruck hoher Neubeschädigungen gilt selbst dann, wenn berücksichtigt wird, dass sich diese Veränderungsrate auf den gesamten Zeitraum zwischen Erst- und Folgeinventur bezieht und daher Veränderungen abbildet, die möglicherweise von mehr als einer Hiebsmaßnahme verursacht wurden. Es ist auch davon auszugehen, dass durch die Art der Klassifikation ein Teil der während des Inventurzeitraumes neu entstandenen Rindenschäden systematisch nicht als solche erfasst wurde: Erfasst wird bei den Bäumen nur die Präsenz beziehungsweise Absenz von Rindenschäden, nicht aber die Anzahl der Schäden. Dies führt dazu, dass Bäume, bei denen zu einem bereits bei der Erstinventur klassifizierten Rindenschaden während des Betrachtungszeitraumes ein weiterer, neuer Schaden der gleichen Klassifikationskategorie hinzukommt, nicht als „neu beschädigt“ identifiziert werden.

Obwohl sich diese beiden systematischen Verschiebungen auf der Grundlage der verfügbaren Datenbasis leider nicht quantifizieren lassen, gehen wir für die Interpretation der Ergebnisse davon aus, dass sie sich aufgrund ihrer gegenläufigen Wirkung auf das Schadprozent zumindest teilweise aufheben und somit keine gravierenden Verzerrungen der Befundlage verursachen. Die Stimmigkeit dieser Annahme wird gestützt durch die Ergebnisse einer im Rahmen einer anderen Untersuchung von der FVA durchgeführten Evaluierung anhand eines umfangreichen unabhängigen Datensatzes, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen wird.

Trotz der auf den ersten Blick im Betriebsinventur-Datensatz abgebildeten erstaunlich hoch erscheinenden Beschädigungsgrade ist doch festzustellen, dass sie ganz gut mit anderen unter Praxisbedingungen ermittelten Beschädigungsgraden korrespondieren. Beispielsweise berichten Butora und Schwager (1986) über Untersuchungen

in 162 Durchforstungsbeständen, wobei sie ein durchschnittliches Schadprozent von 33 % neu verursachter Schäden feststellten. Dietz (1981) gibt an, dass „20 bis 25 %, insbesondere bei der Aufarbeitung von Langholz, häufig anzutreffende Schadprozentwerte sind“. Berthenrath und Glöckler (1987) untersuchten 21 unter Praxisbedingungen durchgeführte Hiebe und ermittelten dort verfahrensabhängig Schadprozentwerte zwischen 15 und 26 %. Auch die von Meng (1978) untersuchten 54 Bestände, die unter Praxisbedingungen beerntet wurden, ergaben im Mittel ein Schadprozent von insgesamt 24 %.

Interessant ist, dass im untersuchten Betrachtungszeitraum höher liegende Rindenschäden etwa im gleichem Umfang neu entstanden sind wie Schäden im bodennahen Bereich. Dies könnte seine Ursache in einer Verschiebung der in der Praxis eingesetzten Holzernteverfahren hin zu mechanisierten Verfahren haben. Mitte der 1980er-Jahre stellten Butora und Schwager (1986) noch fest, dass 80 % der Rindenschäden in Bodennähe verursacht wurden; in dieser Zeit überwogen in der forstlichen Praxis Mitteleuropas die motormanuellen Holzernteverfahren. In jüngster Vergangenheit haben jedoch, vor allem nach den Stürmen 1990 (Vivian, Wiebke) und ganz besonders 1999 (Lothar), mechanisierte Verfahren in Baden-Württemberg eine bedeutsame Ausbreitung erfahren. Verfahrensbedingt kommt es hierbei vermehrt zu Schäden oberhalb einer Höhe von einem Meter am Stamm. Es handelt sich dabei um die sogenannten Aufarbeitungsschäden. Die Annahme liegt nahe, dass sich solche Aufarbeitungsschäden im Regelfall vor allem an gassennahen Bäumen konzentrieren dürften. Diese Annahme lässt sich jedoch auf der Basis des BI-Datensatzes nicht überprüfen.

Ausblick

Die auf breiter Datenbasis abgesicherten Befunde weisen darauf hin, dass unter betriebspraktischen Bedingungen holzerntebedingte Rindenschäden in einem Umfang entstehen, der eine eingehende Beschäftigung mit der Problematik angezeigt erscheinen lässt. Die Befunde und Entwicklungen basieren auf Daten aus dem Staatswald Baden-Württemberg. Es handelt sich dennoch nicht um ein betriebsspezifisches Problem, sondern die Art und Größenordnung der dargestellten Entwicklungen können als *pars pro toto* gelten, da die Verhältnisse im Staatswald Baden-Württemberg bezüglich holzerntebedingter Rindenschäden ausweislich der Befunde der BWI² im bundesweiten Vergleich nicht besonders auffällig sind. So zeigt der Vergleich homologer Kollektive (Altersklassen der Baumarten Fi und Bu) vergleichbare Schadprozentwerte sowohl im bundesweiten Staatswaldvergleich als auch im Vergleich mit anderen Waldbesitzergruppen in Baden-Württemberg.

Bei der forstbetrieblichen Einordnung des Umfangs der festgestellten holzerntebedingten Rindenschäden bestehen in zweierlei Hinsicht Schwierigkeiten. Zum einen enthalten einschlägige Bewirtschaftungsrichtlinien keine, keine einheitlichen und/oder keine konkret betriebsverbindlichen Vorgaben über angestrebte Ziele bei holzerntebedingten Rindenschäden. Zum anderen sind bei der Beurteilung der Auswirkung auf den Betriebserfolg eigentlich nicht die Rindenschäden an sich von Bedeutung. Entscheidend ist vielmehr das Ausmaß der dadurch ausgelösten Wertverluste, Minderausbeuten und/oder Mehraufwendungen.

Vorstellungen über betriebliche Vorgaben zu maximal tolerierbaren Rindenschäden müssen indirekt aus der Interpretation verschiedener Quellen abgeleitet werden. Einen Hinweis liefert beispielsweise der für Regiarbeiten im Staatswald Baden-Württemberg entwickelte SRT-Rücketarif (2002), der ein schadsensitives Zu-/Abschlagsystem enthält. Das auf der Basis der Betriebsinventuren festgestellte durchschnittliche Niveau neu entstandener Rückeschäden (13 %) würde – konsequente Anwendung des Tarifs vorausgesetzt – in der

Betriebspraxis mit Abschlägen in Höhe von etwa 5 % bei der Entlohnung von Rückarbeiten korrespondieren.

Vorgaben für tolerable Rückeschäden enthalten auch die für die Vergabe von Holzernarbeiten im Staatswald Baden-Württemberg einschlägigen Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB-F). Demnach gilt: „Die Z-Bäume dürfen nicht beschädigt werden. Am Nebenbestand dürfen Rückeschäden innerhalb der Saftzeit 13 %, außerhalb der Saftzeit 10 % der Baumzahl nicht übersteigen.“ (Anonymus 1997). Zumindest bei Fi und Bu liegt der Anteil der festgestellten neu entstandenen Rückeschäden (14-15 % bodennahe Rindenschäden) im Durchschnitt erkennbar über diesem Wert.

Hinsichtlich höher liegender Rindenschäden (Fäll- und Aufarbeitungsschäden) sind die betrieblichen Vorgaben noch weniger klar. So beschränken sich die AGB-F zum einen auf den Hinweis „Fällschäden sind zu vermeiden“ (Anonymus 1997) und legen zum anderen bei den sogenannten Aufarbeitungsschäden die tolerable Obergrenze zwischen 2 % beziehungsweise 4 % (außerhalb beziehungsweise innerhalb der Saftzeit) fest. Diese eher vage Differenzierung zwischen Schadtypen schränkt die Aussagekraft der Obergrenze erheblich ein. Trotzdem legt der Vergleich mit den neu entstandenen höher liegenden Rindenschäden (Fäll- und Aufarbeitungsschäden) nahe, dass das Niveau von Schäden dieser Kategorien die betrieblichen Zielvorstellungen nicht unerheblich zu überschreiten scheint.

Die Notwendigkeit zur intensiven Befassung mit der Thematik holzerntebedingter Rückeschäden liegt aufgrund des damit verbundenen Entwertungspotenzials im originären wirtschaftlichen Interesse der Forstbetriebe. Bestens bekannt ist dieses Entwertungspotenzial bei der Hauptbaumart Fi. Hier weisen zahlreiche Untersuchungen klar darauf hin, in welchem hohem Maße Rindenschäden eine Gefährdung durch holzentwertende Wundfäule nach sich ziehen (Pawsey und Gladman 1965, Bazzigher und Schmid 1969, Isomäki und Kallio 1974, Schönhar 1975, 1979, Kohnle und Kändler 2007). Und Leinß (1991) kam auf der Basis seiner Erhebungen für Fi zu einem kalkulatorischen Wertverlust von etwa 9 %, wenn der erste Meter des Stammfußes durch Fäule entwertet wird; jeder weitere Meter erhöht den Verlust um weitere 5 Prozentpunkte.

Trotz dieser klaren Hinweise auf mögliche Entwertungspotenziale sind für gesamtbetriebliche Abwägungen aber noch detailliertere Untersuchungen zu rindenschadensbedingten wirtschaftlichen Verlusten erforderlich. Insbesondere wird es nötig sein, die Zusammenhänge zwischen Art, Lage, Größe oder Alter von Rindenverletzungen einerseits und davon ausgehenden ertragsrelevanten Konsequenzen (z. B. Qualitäts-, Ausbeuteminderung, Mehraufwand) zu quantifizieren und monetär zu bewerten. In diesem Zusammenhang ist eine baumartenspezifische Betrachtungsweise unabdingbar, da holzerntebedingte Rindenschäden bei verschiedenen Baumarten sehr unterschiedliche Folgen haben können, wie dies beispielsweise für Fi und Ta bekannt ist (Kohnle und Kändler 2007).

Literatur

- Aho P.E., Fiddler G., Srago M. 1983. Logging damage in thinned, young-growth true fir stands in California and recommendations for prevention. USDA Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, Oregon
- Anonymus 1997. Allgemeine Geschäftsbedingungen der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg für die Ausführung von Forstbetriebsarten (AGB-F). Stuttgart
- Bacher M. 1999. Literaturstudie Bestandesschäden. FVA, Abteilung Arbeitswissenschaft und Forstbenutzung, Versuchsbericht Nr. 6, Freiburg
- Bazzigher G., Schmid P. 1969. Sturmschäden und Fäule. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 120, 521-535
- Bertenrath F., Glöckler H.-G. 1987. Rückeschäden bei Fichtenbeständen in ebener Lage. FVA, Abteilung Arbeitswissenschaft und Forstbenutzung, Versuchsbericht 8, Freiburg
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) 2004. Die Bundeswaldinventur 2. URL: <http://www.bundeswaldinventur.de> (abgerufen am 11. März 2010)
- Büchsenmeister R., Gugganig H. 2004. Stammschäden im Österreichischen Wald – Trendumkehr? BFW Praxisinformation 3, 12-14
- Butora A., Schwager G. 1986. Holzernteschäden in Durchforstungsbeständen. Bericht der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen 288, Schweiz
- Dietz P. 1981. Vermeidung und Behandlung von Rückeschäden. Allg. Forstz. 36, 263-265
- Guglhör W., Melf P. 1995. Pflégliche Durchforstung mit Holzernemaschinen – Einfluß von Eingriffsart, Feinerschließung, Eingriffstärke und Aushaltung auf Bestandes- und Bodenschäden sowie Kosten. LWF, Freising
- Holdheide W. 1951. Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. In: Freund H. (Hrsg.) Handbuch der Mikroskopie in der Technik. 5 (1). Umschau Verlag, Frankfurt a. M., 193-367
- Isomäki A., Kallio T. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Acta Forestalia Fennica 136, 1-24
- Kemmer G., Risse F.-J. 1994. Betriebsinventuren auf Stichprobenbasis. Allg. Forstz. 49, 521-523
- Knorr G., Prien S. 1988. Fäll- und Rückeschäden bei der Buchenvornutzung und Möglichkeiten ihrer Reduzierung. Sozialistische Forstwirtschaft 38, 74-76
- Kohnle U., Kändler G. 2007. Is Silver fir (*Abies alba*) less vulnerable to extraction damage than Norway spruce (*Picea abies*)? Eur. J. For. Res. 126, 121-129
- Korn-Allan E., Goltz v. d. H., Blust M., Nothdurft A. 2004. Anwenderhandbuch Betriebsinventur. Version 1.1. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Stuttgart
- Leinß C. 1991. Untersuchungen zur Frage der nutzungstechnischen Folgen nach Fäll- und Rückeschäden bei Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). Mitteilungen der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 157
- Löffler H. 1975. Zur Ausbreitung von Wundfäule in der Fichte. Forstw. Cbl. 94, 175-183
- Mahler G. 1987. Pflégliche Holzernte – neue Konzepte der Feinerschließung und Rücketechnik. Holz-Zentralblatt 112, 1624
- Mäkinen H., Hallaksela A.-M., Isomäki A. 2007. Increment and decay in Norway spruce and Scots pine after artificial logging damage. Can. J. For. Res. 37, 2130-2141
- Meng W. 1978. Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Bd. 1. Selbstverlag der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Stuttgart
- Parker A.K., Johnson A.L.S. 1960. Decay associated with logging injury to spruce and balsam in the Prince George region of British Columbia. For. Chron. 36, 30-45
- Pawsey R.G., Gladman R.J. 1965. Decay in standing conifers developing from extraction damage. For. Comm. For. Rec. 54, 1-25
- Polley H., Hennig P. 2005. Fäll- und Rückeschäden bundesweit erfasst. Forst u. Technik 6, 18-19
- Schönhar S. 1975. Untersuchungen über den Befall rückeschädigter Fichten durch Wundfäulepilze. Allg. Forst- u. Jagdztg. 146, 72-75
- Schönhar, S. 1979. Über den Befall beim Holzrücken verwundeter Fichtenwurzeln durch Rotfäulepilze. Allg. Forst- u. Jagdztg. 150, 76-78
- Schulz H. 1973. Auswirkungen von Rückeschäden an jungen Buchen und Edellaubhölzern. Holzforschung 27 2, 42-47
- Stampfer K., Limbeck-Lilienau B., Steinmüller T. 2002. Bestandesschäden bei der mechanisierten Holzernte am Steilhang. Bündner Wald 55, 37-42
- Vasiliauskas R. 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. Forestry 74, 319-336
- Vospernik S. 2004. Modelle für Holzgüteklassen und Stammschäden. Dissertation Universität für Bodenkultur Wien