

Birmensdorf, den 25. August 2011

Risikobeurteilung zu unterschiedlichen Borkenkäfer- Bekämpfungsstrategien der Kantone Bern und Luzern

**Vergleich von
Emmental (Waldabteilung BE 4) und Entlebuch (ehem. Forstkreis LU 5)
sowie weiteren Forstkreisen der Produktionsregion Voralpen**
Auftrag der Eidg. Forstdirektion vom 30. Oktober 2001

Schlussbericht

Beat Forster und Franz Meier

Inhalt:

	Seite
1. Einleitung	1
2. Kenngrössen der Waldabteilung Emmental und des Forstkreises Entlebuch	3
3. Rückblick auf das Sturmereignis und die Sturmholzräumung	6
4. Buchdrucker-Entwicklung seit dem Sturm "Lothar"	6
5. Vergleich mit weiteren Forstkreisen der übrigen Produktionsregion Voralpen	9
6. Diskussion	15
6.1. Einfluss der Sturmschäden und der Sturmholzräumung	15
6.2. Einfluss der Käferbekämpfung (Räumung von Stehendbefall)	15
6.3. Pufferzonen	16
7. Synthese	17
8. Zitierte und weiterführende Literatur	18

1. Einleitung

Nach dem Sturm "Lothar" vom Dezember 1999 waren Forstdienste und Waldbesitzer mit der Bewältigung des Ereignisses gefordert. Die Erfahrungen mit Sturm "Vivian" von 1990 waren noch stark präsent, inklusive der nachfolgenden Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*). Aus logistischen, ökonomischen, ökologischen und auch politischen Überlegungen wählten die Kantone und Regionen nach "Lothar" unterschiedliche Strategien zur Bewältigung des Naturereignisses. Nicht überall konnte oder wollte man Sturmschäden und Käferbefall rechtzeitig räumen. Vor allem in den Voralpen kamen regional unterschiedliche Waldschutzstrategien zur Anwendung.

Die eidgenössische Forstdirektion erteilte Waldschutz Schweiz den Auftrag, in den beiden nebeneinander liegenden Voralpenregionen Emmental (Waldabteilung BE 4) und Entlebuch (Forstkreis LU alt 5, gemäss Forstkreis-Einteilung in den Jahren 2000 - 2005), mit deutlich unterschiedlichen Strategien, die Borkenkäfersituation zu verfolgen und darüber Bericht zu erstatten. Ziel war, den erwarteten Käferbefall in den verbleibenden Fichtenbeständen zu dokumentieren und für Grenzkonflikte Lösungen zu finden.

Erkenntnisse und Textbausteine der bisherigen Zwischenberichte werden in diesem Schlussbericht übernommen und ergänzt.

Zwischenberichte:

- 19. Dezember 2002
- 24. März 2004
- 15. September 2005
- 15. November 2006

Die Wälder im Emmental wiesen deutlich stärkere Sturmschäden auf als jene im Entlebuch. Währenddem sich bei der Räumung des geworfenen Holzes noch beide Regionen ähnlich verhielten, wurden bei der anschliessenden Bewältigung der Borkenkäfer-Massenvermehrung unterschiedliche Strategien gewählt. Im Emmental wurde ein Räumen der Buchdrucker-Befallsherde angeordnet, subventioniert und rechtzeitig durchgeführt. Befallene Fichten wurden mit wenigen Ausnahmen zwangsgenutzt. Im Entlebuch wurden für die Käferholznutzung mehrheitlich keine Beiträge ausgerichtet, dafür aber die Erneuerung der Bestände gefördert.

Im Entlebuch fiel in den Jahren nach Lothar trotz geringerer Sturmschäden deutlich mehr Käferholz an als im Emmental. Um die Entwicklungen in den beiden Regionen besser einordnen und werten zu können, werden sie in diesem Schlussbericht mit der gesamten Produktionsregion der Voralpen gemäss LFI verglichen. Zusätzlich wird auch noch die Entwicklung in einer weiteren Berner Waldabteilung und in einem Freiburger Forstkreis, beide in den Voralpen und mit starkem Käferbefall, dargestellt (Abb. 1). Es sind dies: Simmental (BE 2) und Basse-Gruyère (FR 3). Flächenanteile die in den Produktionsregionen Mittelland oder Alpen liegen, wurden nicht mit einbezogen.

Die verwendeten Daten zu Sturm- und Käferholz sowie die Grunddaten zu Forstkreisen und -revieren wurden mittels Umfragen bei den Forstdiensten erhoben. Das stehen gelassene Käferholz wurde durch die Revierförster geschätzt.

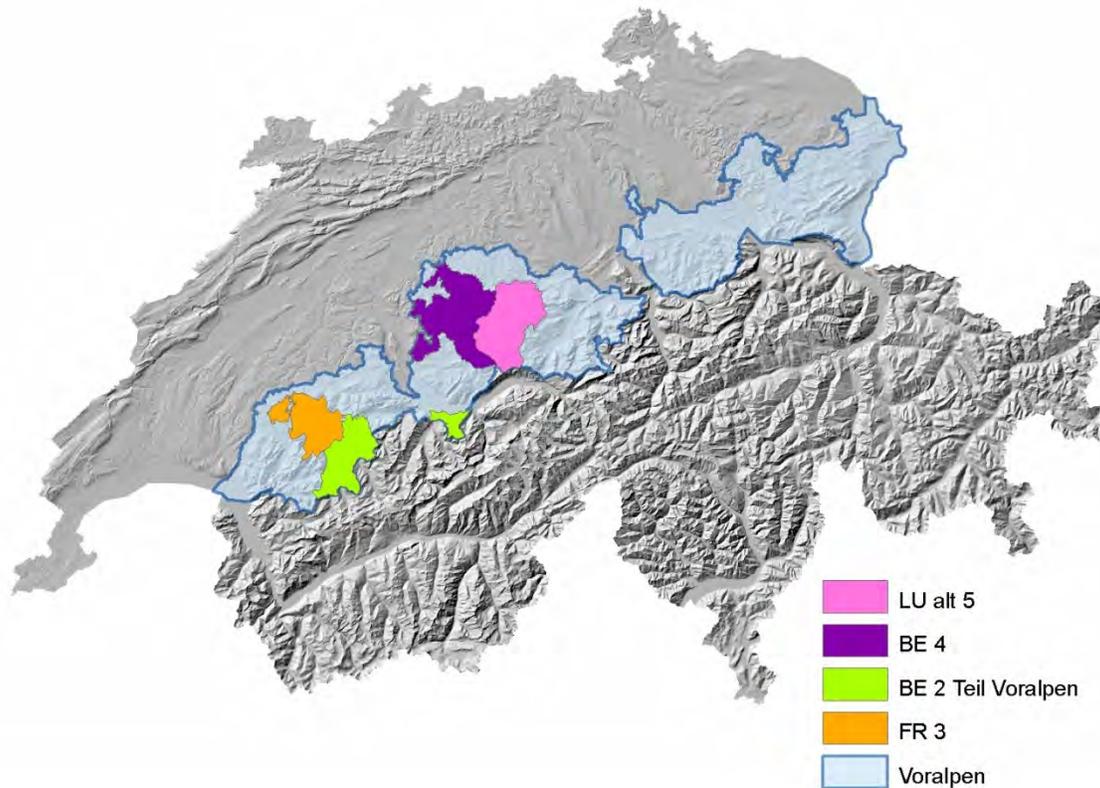


Abbildung 1: Karte der Produktionsregion Voralpen mit der Waldabteilung Emmental (BE 4), dem Forstkreis Entlebuch (LU alt 5) sowie den weiteren erwähnten Gebieten. Es wurden nur jene Teilflächen untersucht, die in der Produktionsregion Voralpen liegen.

Die Massenvermehrung des Buchdruckers in den Jahren 2000 bis 2007 wurde neben dem auslösenden Sturmereignis Lothar auch durch die Witterung des Jahrhundertsommers 2003 beeinflusst. In den verschiedenen Produktionsregionen, welche unterschiedliche Generationenfolgen des Buchdruckers aufweisen, gab es deutlich abweichende Entwicklungen (FORSTER et al. 2008, GUGERLI et al. 2008). Nicht die Voralpen, sondern das Mittelland war die am stärksten betroffene Produktionsregion. Hier wurde der Stehendbefall durch den Buchdrucker aber praktisch überall geräumt.

Abbildung 2 zeigt den sehr ungleichen Verlauf der Käfergradation im Mittelland und in den Voralpen. Im Mittelland kam es 2003 beim Käferholzanfall zu einem deutlichen zweiten Befallsmaximum, verursacht durch den Jahrhundertsommer 2003. In den Voralpen verlief der Anstieg des Befalls kontinuierlich. Durch den Sommer 2003 wurde lediglich der Rückgang der Gradation herausgezögert. Der weitere Anstieg der Befallsmengen im Jahr 2003 ist jenen Voralpengebieten zuzuschreiben, die in den Vorjahren überdurchschnittlich viel Käferholz stehen liessen.

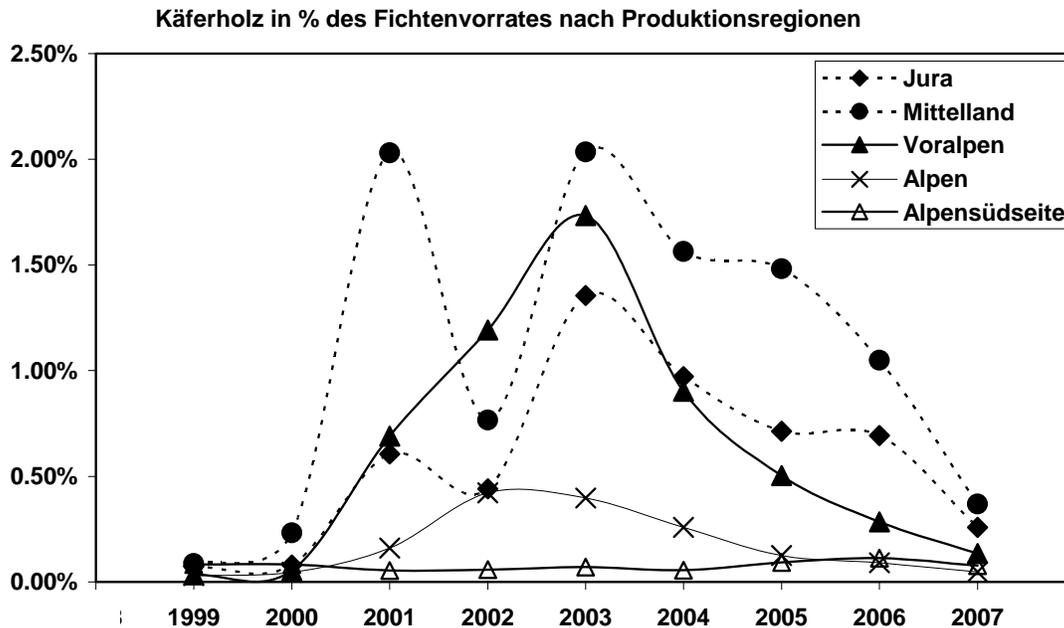


Abbildung 2: Unterschiedlicher Verlauf der Käfergradation nach Sturm Lothar in den Produktionsregionen nach LFI der Schweiz. Nur im Mittelland und Jura ist ein überaus deutlicher Einfluss des Jahrhundertssummers 2003 erkennbar.

Bis 2008 hatte sich die Käfersituation in der ganzen Schweiz beruhigt (MEIER et al. 2009). Die Massenvermehrung dauerte somit acht Jahre, gleich lang wie nach dem Sturm Vivian von 1990. Damals erreichte der Käferbefall in den Schadengebieten lediglich 60% des Sturmholzes. Ausschlaggebend für das geringere Ausmass an Käferholz dürften in den 90er Jahren die intensiveren Räumungsmassnahmen und die weniger extreme Witterung gewesen sein. Die neuen Erfahrungen nach Lothar zeigen, dass es nicht korrekt ist, den gesamten Käferbefall als "Folgeschäden" der Sturmereignisse zu bezeichnen. Zwar löst ein Sturm häufig eine Käfergradation aus, die Menge des Käferholzes hängt aber nur in den ersten 2 bis 3 Jahren deutlich vom Sturm ab.

2. Kenngrössen der Waldabteilung Emmental und des Forstkreises Entlebuch

Die Kenngrössen der beiden Regionen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Obschon die Gebiete aneinander grenzen, gibt es Unterschiede: Die durchschnittliche Höhe über Meer liegt im Entlebuch etwas höher, ebenfalls der Fichtenanteil am Gesamtvorrat. Im Emmental ist die Weisstanne stärker vertreten, vor allem in den Plenterwäldern, es gibt aber auch da fichtenreiche Bestände. Der geologische Untergrund besteht im Entlebuch oft aus Flysch oder Kalk, im Emmental aus Nagelfluh oder Moränen. In beiden Gebieten hat die Waldfläche im vergangenen Jahrhundert zugenommen, das Entlebuch ist stärker geprägt durch grossflächige, frühere Fichten-Aufforstungen. Bezüglich Generationenfolge des Buchdruckers sind in tieferen Lagen des Emmentals eher zwei Käfergeneration

pro Jahr zu erwarten als im Entlebuch. Im ausgesprochenen Trockenjahr 2003 zählten beide Regionen nicht zu den Hauptbetroffenen. Im Entlebuch zählten die Niederschlagsdefizite zu den geringsten der ganzen Voralpen (siehe auch Kapitel 6.2).

Tabelle 1: Kenngrößen der Waldabteilung BE 4 (Emmental) und des Forstkreises LU alt 5 (Entlebuch)

<i>Kenngrösse:</i>	<i>Waldabteilung BE 4 Emmental</i>	<i>Forstkreis LU alt 5 Entlebuch</i>
Waldfläche	19'800 ha	13'900 ha
Holzvorrat davon Fichte	11,5 Mio. m ³ (580 m ³ /ha) 4,9 Mio. m ³ (43%)	7,0 Mio. m ³ (500 m ³ /ha) 4,6 Mio. m ³ (66%)
Sturmholz davon Fichte davon geräumt bis Sept. 2000 noch liegend im Sept. 2000	1'100'000 m ³ 500'000 m ³ 305'000 m ³ (61%) 195'000 m ³ (39%)	179'000 m ³ 134'000 m ³ 94'000 m ³ (70%) 40'000 m ³ (30%)
Käferbefall 2000 bis 2004 davon geräumt	127'000 m ³ 121'000 m ³ (95%)	321'000 m ³ 155'000 m ³ (48%)
Käferbefall 2000 bis 2007 davon geräumt	159'000 m ³ 151'000 m ³ (95%)	421'000 m ³ 237'000 m ³ (56%)

Das Emmental war durch den Sturm Lothar überdurchschnittlich stark betroffen. Fast 10% des Fichtenvorrats wurden hier geworfen, im Entlebuch hingegen nur 3% (Abb.3). Beim Käferbefall in den Jahren 2000 bis 2007 war das Verhältnis gerade umgekehrt (Abb. 4).

In den gesamten Voralpen wurden im Dezember 1999 knapp 6% des Fichtenvorrats durch den Sturm Lothar geworfen. In den Folgejahren trat annähernd gleich viel Stehendbefall durch den Buchdrucker auf, so dass der Fichtenvorrat durch Sturm und Käfer um ca. 12% reduziert wurde (FORSTER et al. 2008). Der laufende Zuwachs und die regulären Nutzungen sind hier nicht berücksichtigt.

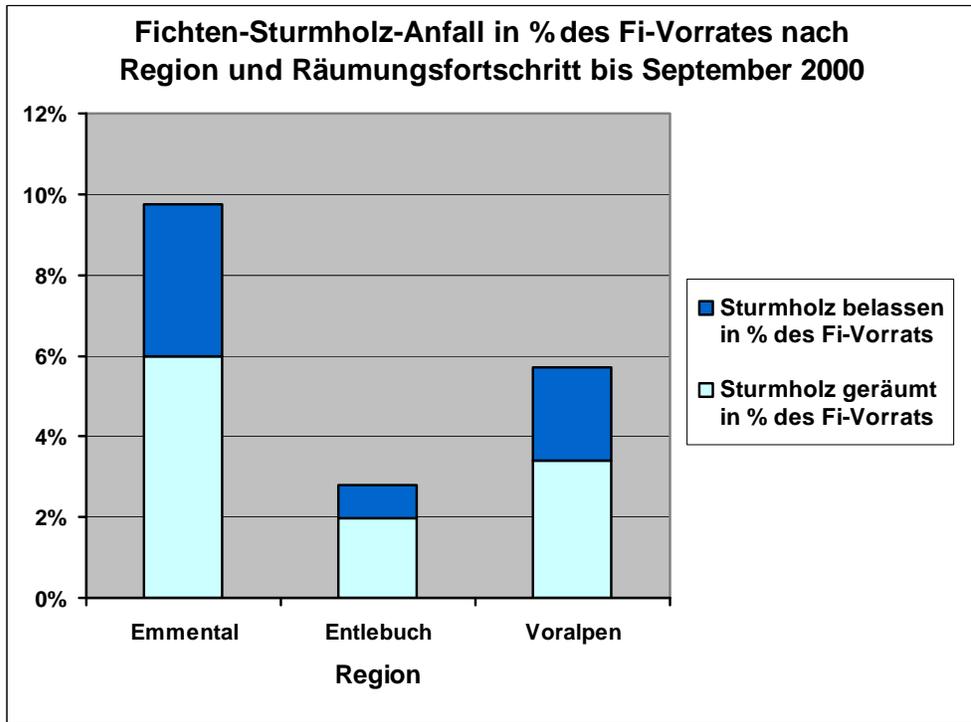


Abbildung 3: Fichten-Sturmholz-Anfall und Räumungsfortschritt bis im September 2000.

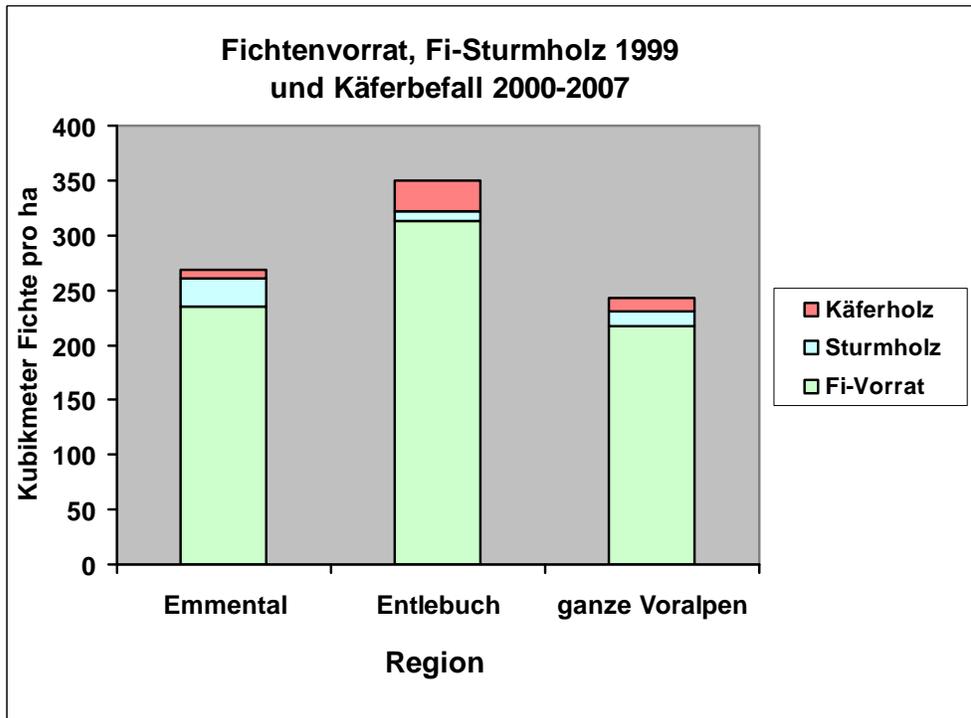


Abbildung 4: Fichtenvorrat vor Lothar mit Anteilen Sturmholz (nur Fichte) und Buchdruckerbefall in Emmental und Entlebuch sowie in den gesamten Voralpen. Der Zuwachs 1999-2007 ist nicht berücksichtigt.

3. Rückblick auf das Sturmereignis und die Sturmholzräumung

Der Sturm „Lothar“ warf im Emmental 500'000 m³ Fichtenholz, welches 10% des Fichtenvorrates ausmachte. Dies ergab, bezogen auf den Vorrat, 3,7 mal mehr Sturmholz als im Entlebuch. Das Räumungsverhalten war in beiden Gebieten ungefähr vergleichbar: Bis Ende September 2000 waren im Emmental 61% des Fichten-Sturmholzes (6% des Fichtenvorrates, Abb. 3) geräumt, im Entlebuch 70% (2% des Fichtenvorrates). Im ganzen Voralpenraum wurden bis Ende September 59% des Sturmholzes geräumt. Da das Emmental die grösseren Sturm-schäden aufwies (absolut sowie auch prozentual zum Fichtenvorrat), blieben hier bis Ende September 2000 ca. 200'000 m³ Fichten-Sturmholz liegen, rund fünfmal mehr als im Entlebuch (Tab. 1).

Im Jahr 2001 wurde die Räumung des Sturmholzes fortgesetzt. Die noch verbleibenden liegenden Stämme trockneten langsam aus, so dass sie für Borkenkäfer spätestens ab 2002 nicht mehr attraktiv waren.

4. Buchdrucker-Entwicklung seit dem Sturm "Lothar"

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen den Verlauf der Massenvermehrungen im Emmental und im Entlebuch in den Jahren 2000 bis 2007 anhand des stehend befallenen Käferholzes. Im Jahr 2000 vermehrte sich der Buchdrucker insbesondere im noch vorhandenen, geworfenen Holz. Stark befallen waren vor allem Stämme, die auf kleinen Sturmschadenflächen oder als Streuschäden angefallen waren. Es kam 2000 nur zu geringem Befall an stehenden Fichten.

Erst im Frühling 2001 setzte ein deutlicher Befall an lebenden, stehenden Fichten ein. Das im Jahr 2000 grössere Brutangebot im Emmental wirkte sich auf den Stehendbefall im Jahr 2001 aus. 2001 wurden im Emmental mehr stehende Fichten befallen als im Entlebuch. In den folgenden Jahren spielte das Sturmholz kaum mehr eine Rolle, die weitere Borkenkäferentwicklung hing wesentlich von der Zwangsnutzungsintensität bei Stehendbefall und dem dadurch beeinflussten Befallsdruck ab. Im Emmental war 2001 bereits der Höhepunkt der Massenvermehrung erreicht. Seither nahm der Befall kontinuierlich ab. Im Entlebuch kam es hingegen zu einem markanten Befallsanstieg bis ins Jahr 2003. Ab 2004 ging die Menge neu befallener Fichten auch hier zurück. Bis 2007 hatte sich die Situation auch im Entlebuch beruhigt.

Nach Lothar wurden im Emmental bis 2007 rund 159'000 m³ Fichten stehend befallen, etwas über 3 % des Fichtenvorrates (Abb. 7), im Entlebuch deren 421'000 m³, knapp 9 % des Fichtenvorrates. Im Emmental wurden über die Jahre durchschnittlich 95% des Stehendbefalls zwangsgenutzt, im Entlebuch 56%. Bis 2003 blieb im Entlebuch mehr als die Hälfte des frisch befallenen Käferholzes stehen, danach wurde der prozentuale Anteil der Zwangsnutzungen erhöht (Abb. 6). Im Emmental entsprach der Käferbefall bis 2007 32% der Sturmholzmenge, im Entlebuch 314% (Abb. 8).

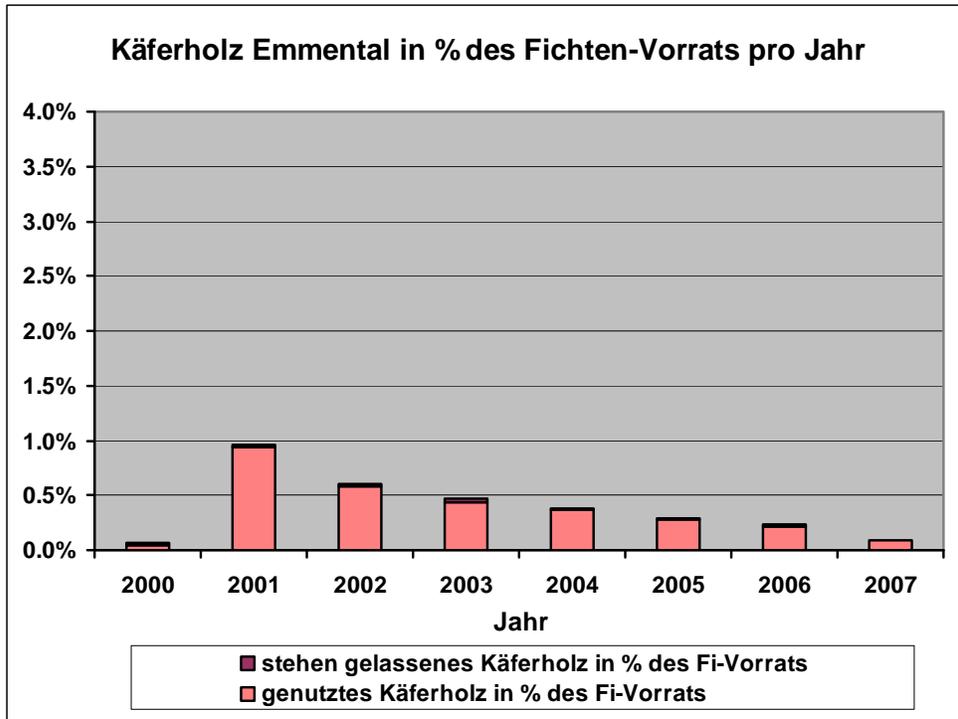


Abbildung 5: Käferholz im Emmental (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr)

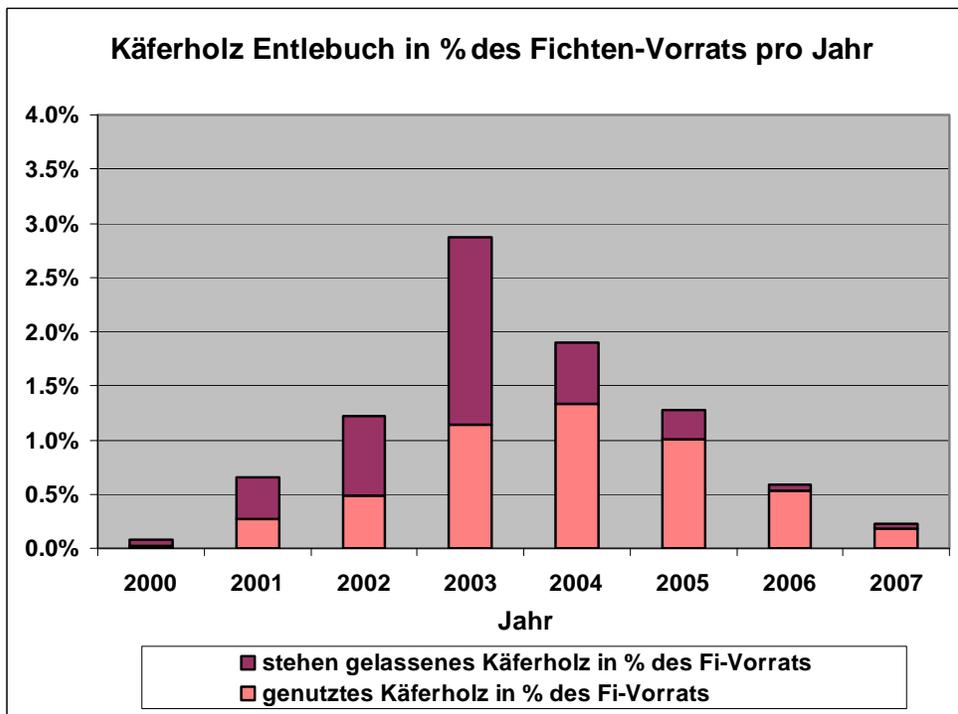


Abbildung 6: Käferholz im Entlebuch (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr)

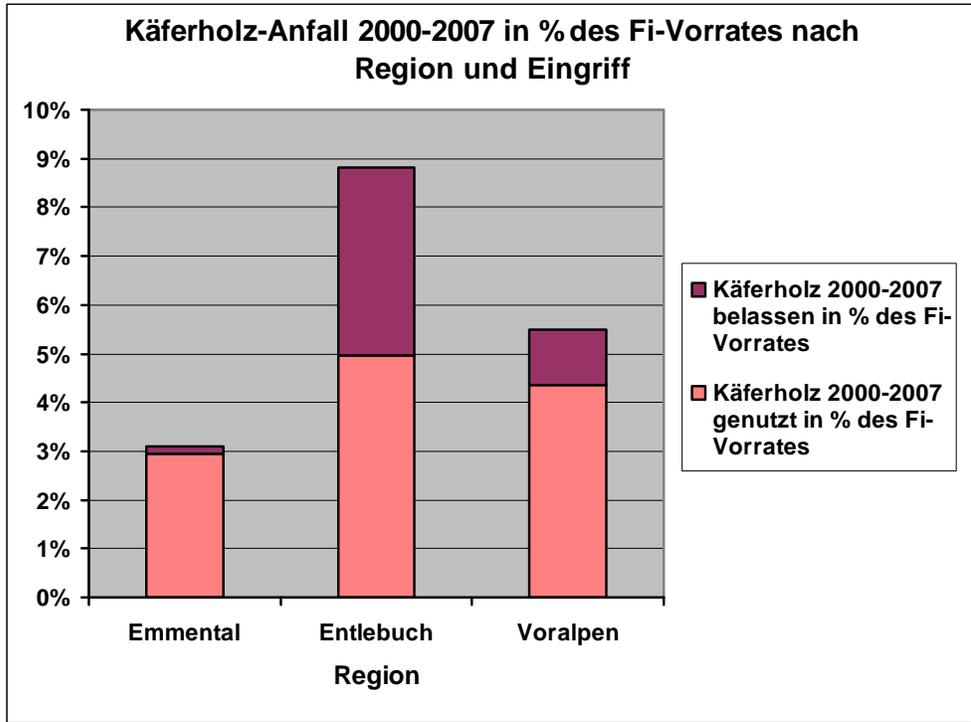


Abbildung 7: Käferholzanfall 2000-2007 in % des Fichtenvorrates nach Region und Eingriff

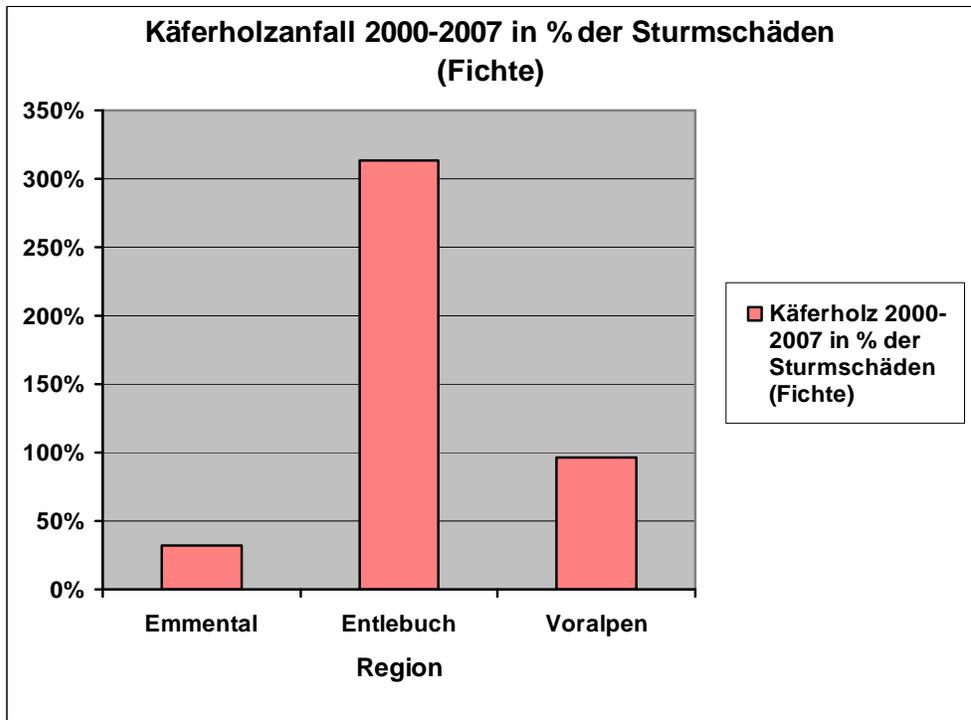


Abbildung 8: Käferholzanfall 2000-2007 in Prozent der Sturmschäden (Fichte)

Der in den Beständen verbleibende Stehendbefall wurde durch die Revierförster schweizweit geschätzt. Diese Schätzungen waren bei grossen Mengen Käferholz ausserordentlich schwierig. Vor allem im Jahr 2003 entsprachen die aus dem stark betroffenen Luzerner Revier "Flühli" gemeldeten Zahlen bezüglich stehen gelassenem Käferholz nicht den Beobachtungen und Einschätzungen von Waldschutz Schweiz. In den Abbildungen und Berechnungen verwendeten wir aber die gemeldeten Zahlen. Effektiv dürfte das im Jahr 2003 angefallene Käferholz für das Entlebuch höher liegen. Im Entlebuch ist 2000 bis 2007 absolut mindestens 2,6 mal mehr Käferholz angefallen als im Emmental (Tab. 1), bezogen auf den Fichtenvorrat pro Hektare fast 3 mal mehr (Abb. 7).

5. Vergleich mit weiteren Forstkreisen der Produktionsregion Voralpen

Auch in den Regionen Simmental (BE 2) und Basse-Gruyère (FR 3) fielen überdurchschnittlich grosse Mengen an Käferholz an. Daher werden diese beiden Regionen in der Folge mit dem Emmental, dem Entlebuch und dem restlichen Voralpengebiet (Voralpen ohne diese 4 Regionen) verglichen.

Alle Regionen waren unterschiedlich stark vom Sturm Lothar betroffen. Während die Sturmschäden im Emmental mit fast 10 % Fichtensturmholz gemessen am Fichtenvorrat deutlich stärker ausfielen als im Durchschnitt der Voralpen, waren sie im Entlebuch geringer (Abb. 9). Auch das Simmental war stärker vom Sturm betroffen, während die Sturmintensität im Basse-Gruyère im Bereich des Durchschnitts der übrigen Voralpen lag.

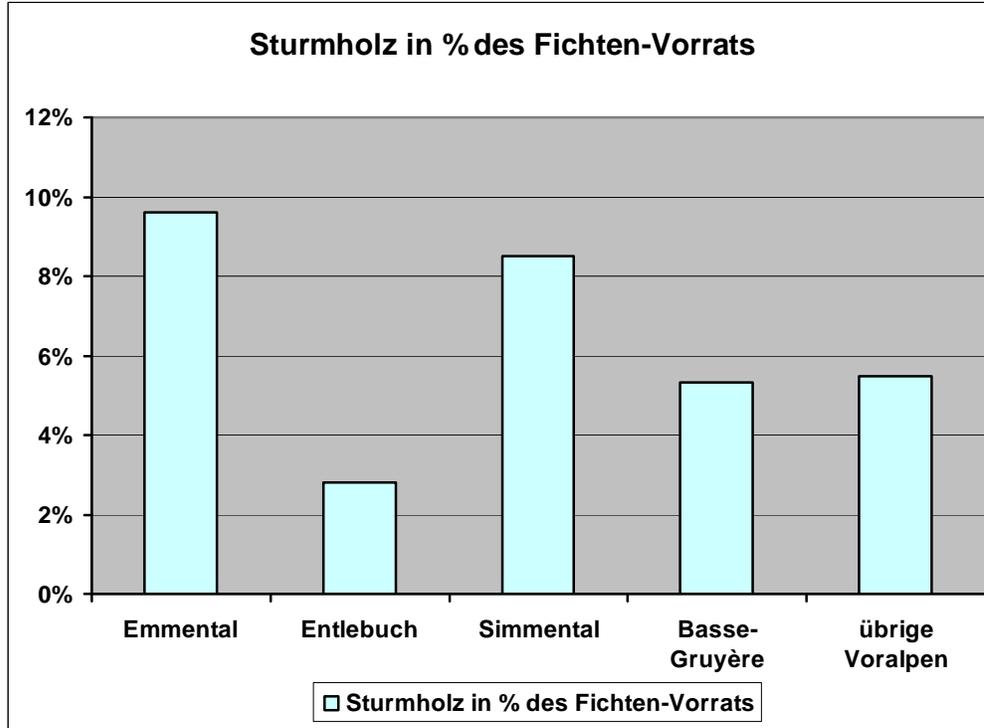


Abbildung 9: Lothar-Sturmholz (Fichte) in % des Fichtenvorrats

Auffallend ist, dass in den Gebieten Entlebuch, Simmental und Basse-Gruyère im Jahr 2001 deutlich mehr Käferholz stehen geblieben war, als in den übrigen Voralpenregionen (Abb. 10). In diesen Gebieten ist 2001-2007 auch viel Käferholz angefallen (Abb. 11).

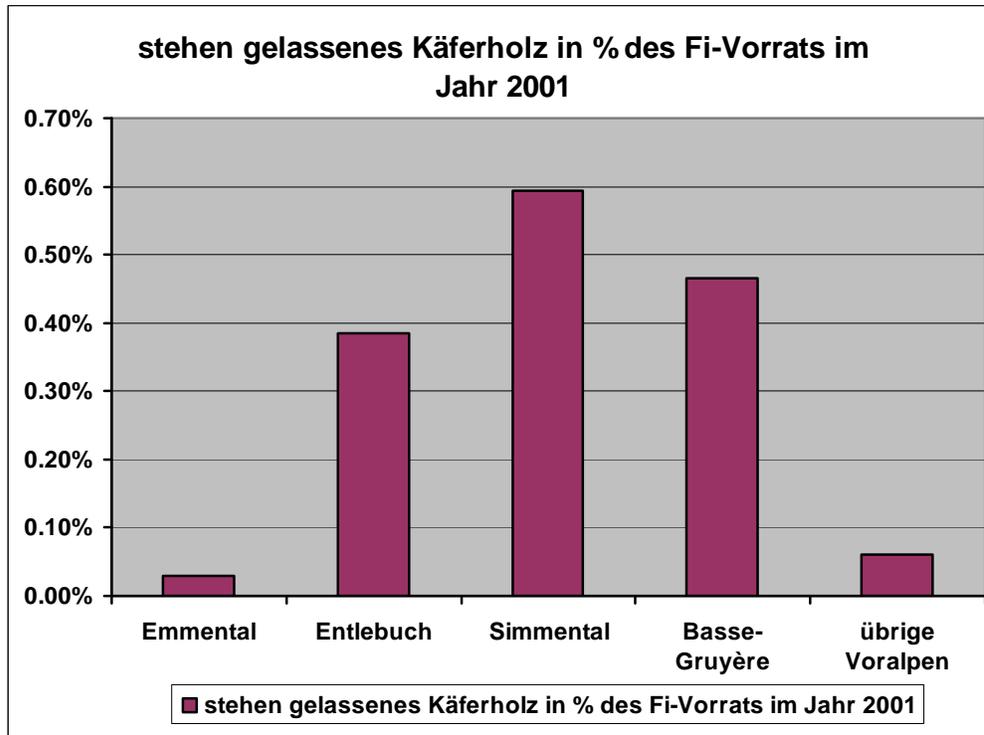


Abbildung 10: Stehen gelassenes Käferholz in Prozent des Fichtenvorrats im Jahr 2001

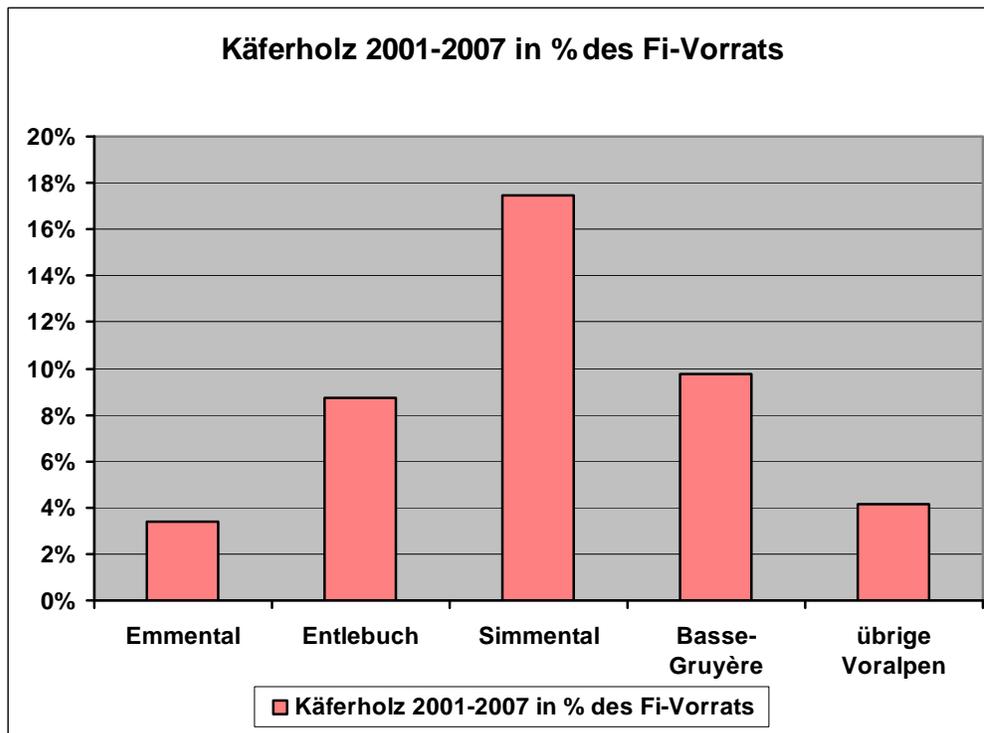


Abbildung 11: Käferholz 2001-2007 in Prozent des Fichtenvorrats

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen den Verlauf der Massenvermehrungen im Simmental und im Basse-Gruyère in den Jahren 2000 - 2007 anhand des stehend befallenen Käferholzes.

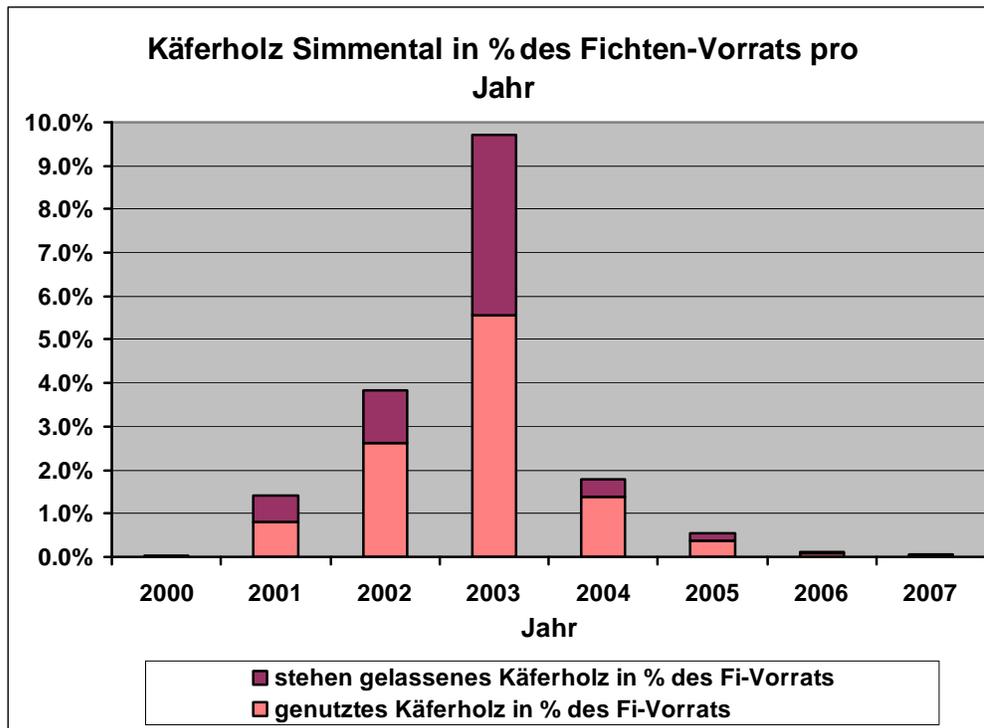


Abbildung 12: Käferholz im Simmental (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr), man beachte die Skala, hier wurde 2003 der stärkste Befall der Voralpen registriert!

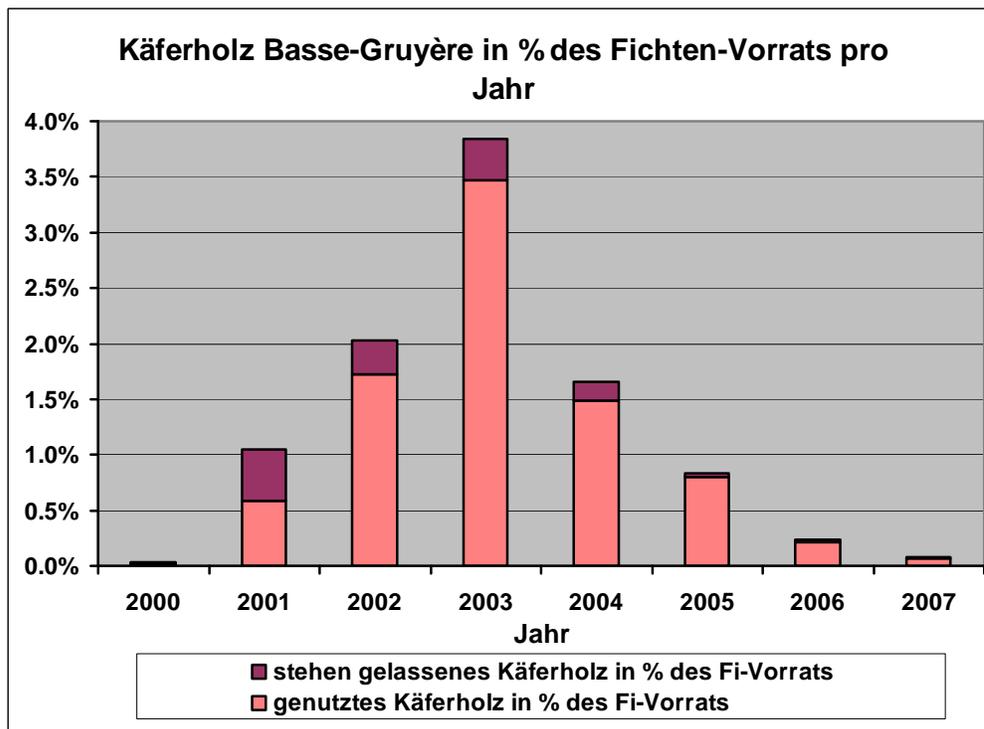


Abbildung 13: Käferholz im Basse-Gruyère (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr)

Wie im Entlebuch kam es auch in den Regionen Simmental und Basse-Gruyère zu einem markanten Befallsanstieg bis ins Jahr 2003. Und wie im Entlebuch blieb auch in diesen Regionen zumindest zu Beginn der Gradation ein grosser Prozentsatz des befallenen Käferholzes stehen.

Die Massenvermehrung in der ganzen Region Voralpen hat einen ähnlichen Verlauf wie diejenigen in den Regionen Entlebuch, Simmental und Basse-Gruyère, geprägt durch einen deutlichen Befallsanstieg bis ins Jahr 2003, danach einen kontinuierlichen Rückgang (Abb. 14, siehe auch Abb. 2)

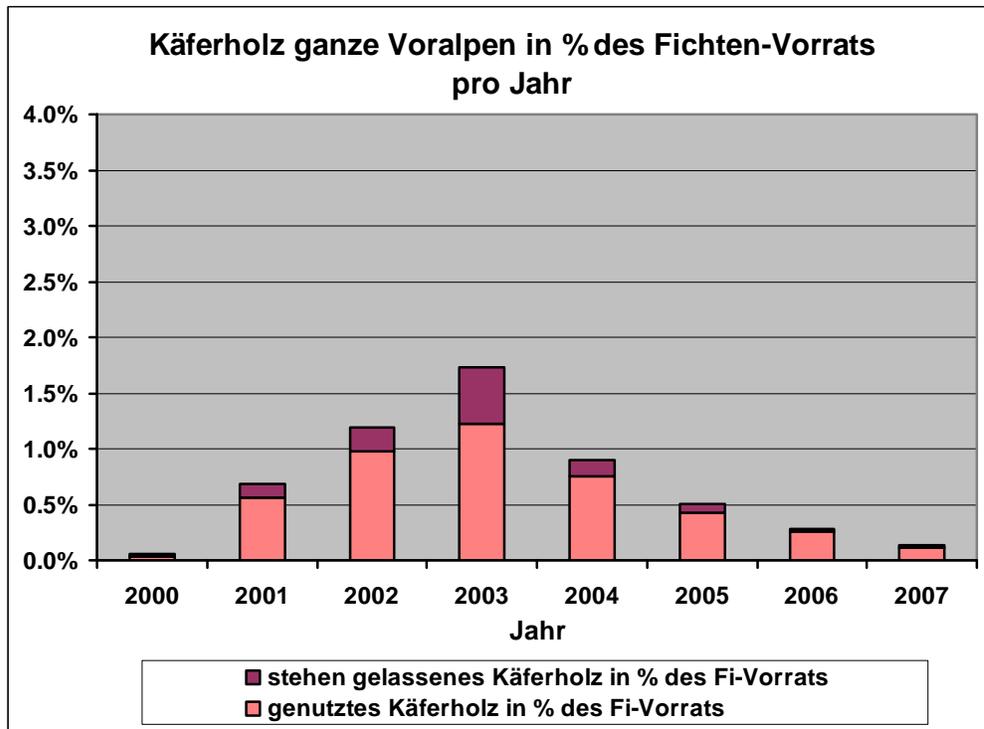


Abbildung 14: Käferholz in den gesamten Voralpen (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr)

Es stellt sich nun die Frage, wie repräsentativ dieser Befallsverlauf für das ganze geographische Gebiet der Voralpen nun wirklich ist. Wird der Befallsverlauf für die übrigen Voralpen, das heisst für die Produktionsregion Voralpen ohne die Regionen Emmental, Entlebuch, Simmental und Basse-Gruyère aufgezeichnet, ergibt sich ein etwas anderes Bild (Abb. 15). Auffallend ist dabei der deutlich geringere Anteil an stehengelassenem Käferholz.

In den übrigen Voralpen ist nach 2002 kein weiterer markanter Befallsanstieg zu verzeichnen. Viel mehr beginnt sich die Situation nach 2002 zu stabilisieren. Der Verlauf der Massenvermehrung ist demjenigen in der Region Alpen (siehe Abb. 2) ähnlicher als demjenigen in der ganzen Region Voralpen. Dies zeigt auch, dass der Befallsverlauf in den ganzen Voralpen stark von demjenigen in den drei Regionen Entlebuch, Simmental und Basse-Gruyère geprägt wird. Während der ganzen Buchdruckergradation fielen in den Voralpen rund 2,5 Mio. Kubikmeter Käferholz an, rund 40% davon allein in diesen drei Gebieten.

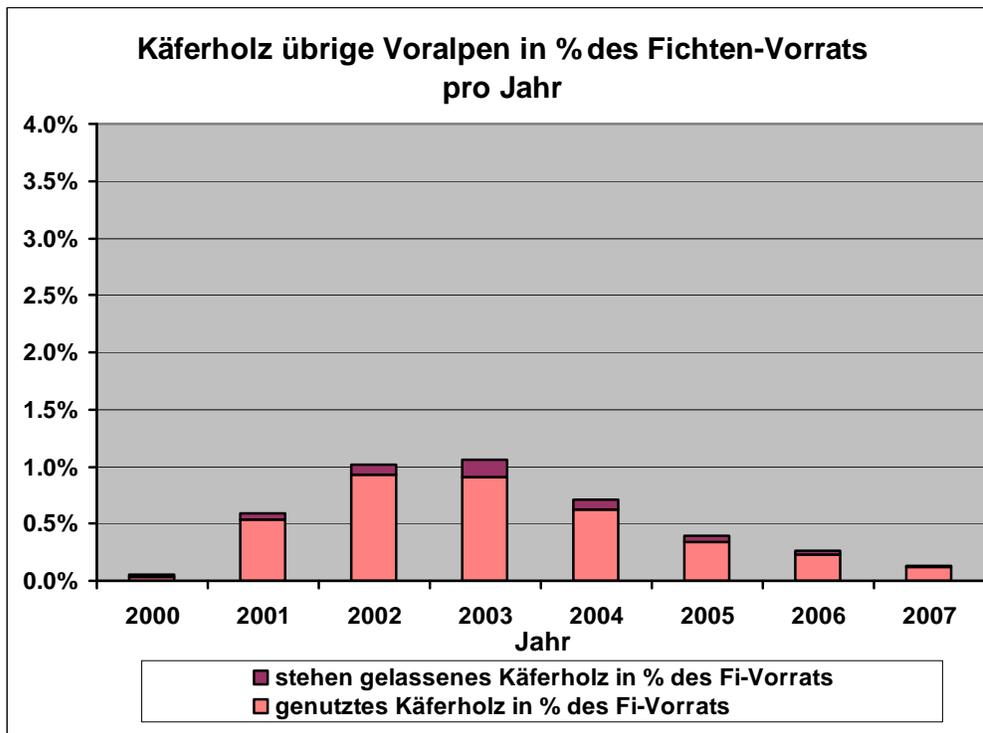


Abbildung 15: Käferholz in den übrigen Voralpen, d.h. Voralpen ohne Emmental, Entlebuch, Simmental und Basse-Gruyère. (Prozent des Fichtenvorrats pro Jahr)

Ein Vergleich mit den stark durch Käfer betroffenen Gebieten zeigt, dass im Emmental trotz grosser Sturmholzmengen und einer mit dem Entlebuch und dem Durchschnitt der ganzen Voralpen vergleichbaren Sturmholzräumung die anschliessende Massenvermehrung des Buchdruckers einen deutlich schwächeren Verlauf nahm. Im Entlebuch, im Simmental und im Basse-Gruyère wurde zu Beginn der Gradation deutlich weniger Käferholz genutzt als im Durchschnitt der Voralpen, was sich deutlich auf die nachfolgenden Befallsmengen auswirkte. Im Emmental wurde hingegen überdurchschnittlich effizient eingegriffen, und die grosse Käfergradation blieb aus. Das Zwangsnutzungsverhalten im Jahr 2001, bei beginnendem Stehenbefall, dürfte damit ein Schlüsselfaktor für die weitere Entwicklung des Käferbefalls gewesen sein.

Abbildung 16 zeigt die Fichten-Sturmholzmengen (X-Achse) und die Käferholzmengen von 2000 bis 2007 (Y-Achse) in Prozent des Fichtenvorrates jedes einzelnen Forstkreises (Punkte) in den Voralpen. Bei den über der eingezeichneten Diagonale liegenden Forstkreisen ist in den Folgejahren mehr Käferholz angefallen, als ursprünglich durch den Sturm geworfen wurde, bei den darunter liegenden weniger. Dabei zeigt es sich, dass auch in Forstkreisen mit starken Sturmschäden von beispielsweise über 8 % des Vorrates sich der Käferbefall in den Folgejahren in Grenzen hielt. Hingegen fiel in Forstkreisen in denen 2001 viel Käferholz stehen blieb mehr Käferholz an, als ursprünglich Sturmholz geworfen wurde.

Käferholz in den Jahren
2000-2007 in % des Vorrates

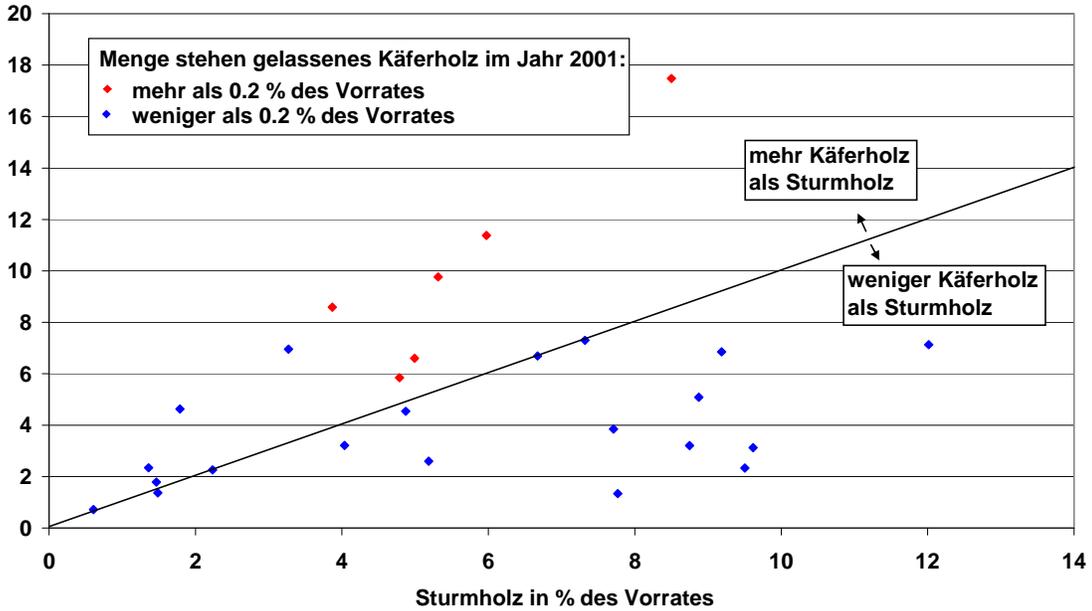


Abbildung 16: Sturmstärke und Käferbefall in den Voralpen 2000-2007: In allen Gebieten (Forstkreise), in denen 2001 vermehrt Käferholz stehen blieb, ist in der gesamten Periode mehr Käferholz angefallen als Sturmholz.

Betrachtet man die ganzen Voralpen, schien das Räumungsverhalten der Kantone und Gebiete nur marginal von der Sturmstärke abzuhängen, sondern viel eher von der Erschliessung und Logistik sowie von der gewählten Strategie bei der Katastrophenbewältigung. In Reservaten und Geländekammern ohne angeordnete Massnahmen (Abb. 17) kam es fast immer zu überdurchschnittlichem Käferbefall.



Abbildung 17: auffälliger Käferbefall in Geländekammer mit unvollständigen Massnahmen.

6. Diskussion

6.1. Einfluss der Sturmschäden und der Sturmholzräumung

Die Menge an geeignetem liegenden Brutmaterial sowie auch geschwächte, stehende Fichten haben zum Aufbau der Buchdruckerpopulationen beigetragen. Beobachtungen und Untersuchungen zeigen, dass der Sturm als Auslöser einerseits und das Räumungsverhalten bei Buchdrucker-Stehendbefall andererseits einen deutlichen Einfluss auf die Borkenkäfersituation in den Folgejahren haben (MEIER et al. 2003, VON GRÜNIGEN, 2006). Die Menge des liegen gebliebenen Sturmholzes spielt bis es ausgetrocknet ist eine Rolle, wird aber mit der fortschreitenden Zeit von anderen Faktoren überlagert.

Die unterschiedliche Sturmstärke und die Mengen des liegen gebliebenen attraktiven Fichtenholzes widerspiegelten sich in den untersuchten Regionen grob in den Befallszahlen von 2001. Im durch den Sturm stärker betroffenen Emmental fiel in jenem Jahr mit rund 31'000 m³ Stehendbefall rund 1,6 mal mehr Käferholz an als im Entlebuch (Tab. 1, Abb. 5, 6). Ab 2002 änderte sich die Befalls-Entwicklung und dürfte nicht mehr wesentlich von der Sturmstärke und der Sturmholzräumung beeinflusst worden sein.

Bezogen auf die ursprüngliche Sturmholzmenge, ist im Entlebuch bis 2007 rund 10 mal mehr Käferholz angefallen als im Emmental (Abb. 8). Dieser unterschiedliche „Folgebefall“ darf sicher nicht dem auslösenden Sturm Lothar und der Sturmholzräumung angelastet werden, sondern dürfte ab 2001 wesentlich von den beschlossenen Strategien und getätigten Massnahmen bei Stehendbefall abhängen (siehe Kap. 6.2 unten).

Da sich Emmental und Entlebuch bei der Sturmholzräumung ähnlich verhalten haben, lässt sich in dieser Fallstudie nichts Genaueres über einen Einfluss der Sturmholzräumung auf die Käferentwicklung sagen. Gesamtschweizerisch zeigt sich, dass bei einer kleineren bis mittleren Sturmstärke ein deutlicher Zusammenhang mit dem Folgebefall durch Borkenkäfer in den nächsten zwei Jahren besteht. Ab ca. 6% Sturmholz (Anteil am Vorrat der Fichte) streut der Folgebefall aber stark (Abb. 16 und zusätzliche, unveröffentlichte Auswertungen unter Einbezug zusätzlicher Produktionsregionen). Dies dürfte einerseits mit grösseren Flächenschäden im Zusammenhang stehen, auf denen das Brutangebot durch die vorhandene Käferpopulation oft gar nicht ausgenützt werden kann, andererseits mit den verbleibenden Fichtenbeständen, welche nach regional sehr starken Sturmschäden nicht mehr in unbeschränkter Menge zur Verfügung stehen.

6.2. Einfluss der Käferbekämpfung (Räumung von Stehendbefall)

Der deutlich unterschiedliche Verlauf der Käferepidemie innerhalb der Voralpen muss mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die unterschiedlichen Strategien und Eingriffe bei Stehendbefall zurückgeführt werden. Es gibt keinen anderen plausiblen Grund als die phytosanitären Massnahmen, um den derart unterschiedlichen Befallsverlauf in den Gebieten Emmental und Entlebuch zu erklären. Die geographische Lage und die Standortbedingungen beider Gebiete sind trotz Unterschieden vergleichbar, ebenso der Fichtenvorrat und der Witterungsverlauf. Der Trockensommer 2003 hat sich in den beiden nebeneinander liegenden

Beobachtungsgebieten nicht entscheidend ausgewirkt. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge wichen in dieser Region mit 76 bis 88% der Norm weniger stark ab als in vielen andern Gebieten der Schweiz. Die Hauptniederschläge fielen bei den Stationen Escholzmatt und Napf von April bis Juli und im Oktober und waren recht gut verteilt. (METEO SCHWEIZ 2004).

Die unterschiedliche Sturmstärke hätte im Entlebuch und Emmental eine gegenteilige Entwicklung hervorrufen müssen. Der Einfluss der Sturmstärke war aber nur in den Jahren 2000 und 2001 erkennbar, als der Käferbefall im Emmental noch höher war als im Entlebuch. Vergleiche mit anderen Gegenden der Schweiz zeigen, dass Geologie und Boden höchstwahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle spielen und nur bei aussergewöhnlich deutlichen Trockenperioden stark ins Gewicht fallen dürften. Auch mit dem höheren Tannenanteil im Emmental kann die deutlich unterschiedliche Entwicklung nicht erklärt werden. Im Schweizer Mittelland mit noch kleineren Fichtenanteilen war der Buchdruckerbefall nach Lothar ebenfalls beträchtlich.

6.3. Pufferzonen

Grenzen Waldgebiete oder gar Parzellen mit unterschiedlichen Forstschutzstrategien aneinander, kann häufig ein so genannter "Pufferzonen-Effekt" auftreten. In der Nähe von nicht oder unvollständig geräumten Sturmschadengebieten und Käfernestern werden die freigestellten Randbäume von geräumten Flächen oft erneut befallen, da von den ungeräumten Beständen häufig ein hoher Käferdruck ausgeht (FORSTER & MEIER 2008). Im ungünstigen Fall tritt in einer Pufferzone mit Massnahmen sogar mehr Käferbefall auf als in einem Bestand der sich selbst überlassen wird (Abb. 18).



Abbildung 18: Ausgeräumte Sturmflächen und Käfernester im Bereich einer Pufferzone.

Solche Effekte konnten verschiedentlich beobachtet werden, beispielsweise wenn Wirtschafts- oder Schutzwald an Reservate grenzen oder wenn Waldbesitzer unterschiedliche Strategien verfolgen und umsetzen.

Bis ins Jahr 2002 war der regionale Käferdruck auf beiden Seiten der Kantons-grenze Bern-Luzern ungefähr vergleichbar. Pro Waldfläche entwickelte sich eine ähnliche Anzahl Buchdrucker. Durch rechtzeitige und umfassende Zwangs-nutzungen wurde der Befallsdruck im Emmental aber laufend gemildert.

Ab 2003 wurde der Befall im Entlebuch deutlich stärker als im Emmental. Die grossen Luzerner Befallsgebiete lagen jedoch meist nicht in der Nähe der Kantons-grenze. So ist ein möglicher Einfluss auf die Fichtenbestände im Kanton Bern relativ gering (vgl. 2. Zwischenbericht). An drei Stellen im Napfgebiet könnte 2003 ein Befall in grenznahen Berner Beständen durch einen lokal erhöhten Käferdruck auf Luzerner Seite ausgelöst worden sein. An diesen Stellen trat der Buchdrucker deutlich stärker in Erscheinung als in den übrigen Beständen der Emmentaler Waldabteilung.

In den folgenden Jahren wurden die Unterschiede beim regionalen Befallsdruck deutlicher. Während im Emmental die Populationsdichte und der Käferbefall weiter abnahmen, suchten die in grossen Mengen überwinterten Entlebucher Käfer (2003: ca. 100'000 m³ stehen gebliebenes Käferholz) im Frühling 2004 neue Brutbäume. Es muss davon ausgegangen werden, dass zumindest ein Teil dieser Käfer auch aktiv über die Grenze flog oder durch den Wind verfrachtet wurde. Da jedoch Westwinde vorherrschen und die grossen Entlebucher Befalls-herde deutlich abseits der Kantons-grenze liegen, kann aber nicht von riesigen Schwärmen verfrachteter Käfer ausgegangen werden.

Auf Emmentaler Seite entstanden auch 2004 bis 2006 überproportional viele neue Käferneester in Grenznähe. Woher die anfliegenden Käfer im Einzelfall effektiv stammten, lässt sich aber nicht nachweisen und damit einen durch Migration bedingten Mehrbefall auch nicht beziffern. Ein mögliches Ausbrei-tungsmuster wie 2003 war später nicht mehr zu erkennen. Dennoch kann ein gewisser "Pufferzonen-Effekt", wie wir ihn aus andern Gegenden der Schweiz mit unterschiedlich behandelten Waldbeständen kennen, nicht ausgeschlossen werden.

7. Synthese

Die Auswirkungen des unterschiedlichen Managements auf die Befalldynamik des Buchdruckers werden anhand dieser Beispiele aus den Voralpen eindrück-lich aufgezeigt und decken sich mit den bisherigen Kenntnissen zur Bekämpfung, Biologie und Epidemiologie der Borkenkäfer.

Gebiete, in denen nach dem Sturm "Lothar" bei Borkenkäferbefall weniger kon-sequent eingegriffen wurde, verzeichneten in den Folgejahren zwei- bis dreimal mehr Käferbefall als andere. Der Höhepunkt der Gradation trat hier ein bis zwei Jahre später auf als in Gebieten mit konsequenter Käferbekämpfung.

Nach acht Jahren war die Massenvermehrung des Buchdruckers beendet, auch in jenen Regionen, in denen viel Käferholz ungenutzt stehen blieb. In einzelnen

Geländekammern brach die Massenvermehrung relativ unspektakulär zusammen, in andern erst, als kaum mehr eine lebende Fichte vorhanden war. Auch innerhalb der einzelnen Forstkreise oder Waldabteilungen trat unterschiedlich starker Borkenkäferbefall auf. Dort wo viel Sturm- und Käferholz liegen und/oder stehen blieb, trat in den Folgejahren auch vermehrt Stehendbefall durch den Buchdrucker auf (VON GRÜNIGEN, 2006). Bei einer rechtzeitigen Räumung wurde weniger Käferbefall verzeichnet.

Trotz gebietsweise massivem Stehendbefall verlief die Schadenentwicklung in der Schweiz, im Vergleich zum Ausland, insgesamt kleinflächiger. Die Waldentwicklung kann auf Stufe Kreis/Waldabteilung trotz der Störung immer noch als nachhaltig bezeichnet werden. Dazu dürften unsere reich strukturierte Topographie und die häufig wechselnden Bestandesverhältnisse eine Rolle gespielt haben. Lokal oder auf Stufe von kleineren Waldparzellen sah die Angelegenheit anders aus, hier kam es für einige Waldbesitzer zu einem Totalausfall einer ganzen Fichtengeneration.

Ob es in Zukunft nach einer vergleichbaren Störung wie "Lothar" zu ähnlich starkem Käferbefall kommen wird, hängt im Wesentlichen von der Witterung in den Folgejahren und der zukünftigen Vorratsentwicklung der Fichte ab. Bei der Festlegung von Strategien und zur Planung von Massnahmen sollten die Waldfunktionen und Zielsetzungen bezüglich Waldentwicklung berücksichtigt werden und geländekammerweise Prioritäten gesetzt werden (FORSTER & MEIER, 2008). So kann der Verlauf einer Käfergradation besser beeinflusst werden, als wenn kleinflächig unterschiedlich eingegriffen wird.

Um die ökonomischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der unterschiedlichen Strategien zu analysieren, müsste grundsätzlich in den betroffenen Gebieten der langfristige Stellenwert der Fichtenholzproduktion, der Schutzfunktion und weiterer Waldfunktionen monetär und ideell bewertet werden. Dies war aber nicht Gegenstand dieser Beurteilung, welche sich hauptsächlich um die epidemiologischen und phytosanitären Aspekte der Borkenkäferbefallsentwicklungen kümmerte.

Allen Beteiligten wird für die Unterstützung und die Zurverfügungstellung von Daten herzlich gedankt.

8. Zitierte und weiterführende Literatur

ANGST, C., 2008:

Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald. Vollzugshilfe für die Wahl der Schadensbehandlung im Einzelbestand. Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug 0801: 132 S.

FORSTER, B.; MEIER, F., 2008:

Sturm, Witterung und Borkenkäfer. Risikomanagement im Forstschutz. Merkbl. Prax. WSL Birmensdorf, 44: 8 S.

- FORSTER, B.; MEIER, F.; BRÄNDLI, U.-B., 2008:
Deutlicher Rückgang der Fichten im Mittelland. Vorratsabbau - auch durch Sturm und Käfer. Wald Holz 89, 3: 52-54.
- GUGERLI, F.; GALL, R.; MEIER, F.; WERMELINGER, B., 2008:
Pronounced fluctuations of spruce bark beetle (*Scolytinae: Ips typographus*) populations do not invoke genetic differentiation. For. Ecol. Manage. 256: 405-409.
- MEIER, A., 2002:
Die Forstschutz-Strategie im Kanton Bern nach Lothar. Schweiz. Z. Forstwes. 153, 3: 107-111.
- MEIER, F.; ENGESESSER, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O., 2003:
Forstschutz-Überblick 2002. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 22 S.
- MEIER, F.; ENGESESSER, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O.; ANGST, A., 2009:
Forstschutz-Überblick 2008. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 24 S.
- METEO SCHWEIZ, 2004:
Niederschlagsbulletin 2003. Zürich, 26 S.
- VON GRÜNIGEN, C., 2006:
Die Borkenkäferkatastrophe im Rückblick. Wald Holz, 87, 9: 51-52.