

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 154 (2003)

**Heft:** 11

  

**Artikel:** Erfahrungen im Umgang mit Buchdrucker-Massenvermehrungen (Ips typographus L.) nach Sturmereignissen in der Schweiz

**Autor:** Forstier, Beat / Meier, Franz / Gall, Rolf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098201>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Erfahrungen im Umgang mit Buchdrucker-Massenvermehrungen (*Ips typographus* L.) nach Sturmereignissen in der Schweiz

BEAT FORSTER, FRANZ MEIER, ROLF GALL und CHRISTOPH ZAHN

Keywords: Bark beetles; Scolytidae; *Ips typographus*; storm damage; forest protection. FDK 421.1 : 453 : (494)

## 1. Einleitung

Der Buchdrucker *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae) ist das am besten bekannte Waldinsekt Mitteleuropas. In Fichtenwäldern kommt es immer wieder zu Massenvermehrungen mit ausgedehntem Stehendbefall. Häufig werden diese Gradationen durch Sturmschäden oder Trockenperioden ausgelöst oder begünstigt.

Ende des 20. Jahrhunderts kam es in Mitteleuropa zu zwei grossen Sturmereignissen. Auch die Schweiz war stark betroffen. Es handelte sich um die umfangreichsten je registrierten Windwürfe. 1990 warf der Sturm Vivian fünf Millionen m<sup>3</sup> Holz, ungefähr eine reguläre Jahresnutzung (HOLENSTEIN 1994). Davon waren vier Millionen m<sup>3</sup> Fichte, die Wirtsbaumart des Buchdruckers. Starke Schäden wurden vor allem in den zentralen und östlichen Voralpen und Alpen verzeichnet. In den folgenden Jahren bis 1996 befahl der Buchdrucker zusätzliche zwei Millionen m<sup>3</sup> stehende Fichten.<sup>1</sup>

1999 warf Sturm Lothar sogar über 13 Millionen m<sup>3</sup> Holz, davon gut acht Millionen m<sup>3</sup> Fichte. Betroffen waren diesmal vor allem Wälder des westlichen und zentralen Mittellandes sowie der angrenzenden Voralpen und Alpen. Neben Fichtenwäldern wurden auch zahlreiche Laubholz- und Mischbestände in Mitleidenschaft gezogen. Die gesamten Borkenkäfer-Folgeschäden nach Lothar sind noch nicht bekannt; bis 2002 wurde das Ausmass des Käferbefalls nach Vivian aber bereits übertroffen (MEIER *et al.* 2002).

Nicht nur die direkte Sturmbewältigung, sondern auch der Umgang mit dem Borkenkäfer-Folgebefall in bisher nie gekannter Grösse waren und sind für Forstdienste und Waldbesitzer eine grosse Herausforderung. In diesem Beitrag werden Erfahrungen nach dem Sturm Vivian sowie erste Beobachtungen nach Lothar zusammengefasst und daraus Empfehlungen abgeleitet. Offene Fragen für ein zukünftiges Borkenkäfer-Management werden aufgezeigt. Ein zweiter Beitrag<sup>2</sup> umfasst eine regionalisierte Auswertung von schweizerischen Borkenkäferdaten aus den 1980er- und 1990er-Jahren und stellt den Einfluss verschiedener Sturmereignisse auf die Befalldynamik des Buchdruckers dar. Ein dritter Beitrag<sup>3</sup> befasst sich mit der aktuellen Käfersituation nach dem Sturm Lothar. Anhand digitalisierter Daten aus dem Kanton Bern wird die räumliche und zeitliche Entwicklung des Buchdruckerbefalls mittels GIS verfolgt. Offene Fragen zum Einfluss von unterschiedlichen Räumungsmassnahmen von Sturm- und Käferholz auf die Befalldynamik des Buchdruckers wird im Rahmen eines laufenden Lothar-Projektes nachgegangen. Aussagen zu räumlichen, zeitlichen und quantitativen Wirkungen von Waldschutzmassnahmen werden nach Abschluss der laufenden Käfergradation möglich sein.

## 2. Erkenntnisse zum Buchdrucker

Erfahrungen von Massenvermehrungen zeigen, dass Borkenkäfer in der Walddynamik eine grosse Wirkung haben, indem sie Nadelholzbestände rasch und grossflächig befallen und abtöten können (NATIONALPARKVERWALTUNG BAYERISCHER WALD 1996, WITTWER *et al.* 1998). Solche Vorgänge können sowohl

in bewirtschafteten Beständen wie auch in Naturwäldern beobachtet werden. Von allen einheimischen, zu Massenvermehrungen neigenden Borkenkäferarten sind die Auswirkungen durch den Buchdrucker auf die Walddynamik und die Forst- und Holzwirtschaft am grössten. In zahlreichen Arbeiten werden Biologie, Epidemiologie sowie mögliche Strategien und Massnahmen zur Bekämpfung behandelt. Ältere Erkenntnisse aus der Schweiz wurden durch KUHN (1949) zusammengestellt. Seit den 1980er-Jahren befasst sich die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL in Birmensdorf intensiv mit dem Buchdrucker (FORSTER & MEIER 1990, DUELLI *et al.* 1997, WERMELINGER *et al.* 1999, 2002, WERMELINGER & SEIFERT 1998, 1999).<sup>4</sup>

Vor allem nach Sturmereignissen oder Trockenperioden vermehrt sich der Buchdrucker in liegenden oder stehenden, geschwächten Fichten (WESLIEN & SCHRÖTER 1996). Davon ausgehend kann sich der Buchdrucker bei günstigen Verhältnissen auch in Nachbarbestände ausbreiten. Bei hoher Käferdichte und einem entsprechend hohen Befalldruck genügt bereits eine leichte Schwächung der Fichten, damit sie durch den Buchdrucker erfolgreich besiedelt werden können.

Zwischen dem Ausmass der ursprünglichen Sturmschäden und der Intensität des Folgebefalls besteht grossräumig ein Zusammenhang (FORSTER *et al.* in press). In Regionen mit viel Sturmholz fällt in den Folgejahren auch viel Käferholz an. Sind ausgedehnte Sturmschäden vorhanden, können diese nicht überall und innert nützlicher Frist geräumt werden. In der Regel bleiben auch viele geschwächte Bäume stehen. Nach einem grossen Sturmereignis kann das Aufrüsten von Sturm- und Käferholz den Ausbruch einer Borkenkäfer-Massenvermehrung meist nicht verhindern, wohl aber so weit dämpfen, dass weniger Stehendbefall auftritt und der Höhepunkt der Gradation rascher erreicht wird (FORSTER 1998). Diese Abhängigkeiten werden anhand der Entwicklungen nach Lothar in einem laufenden Forschungsprojekt der WSL quantifiziert. Dieses wurde im Rahmen des Evaluations- und Grundlagenprogramms «Lothar 2000-2003» der Eidgenössischen Forstdirektion/Buwal initiiert.

Wenn nach einem Sturmereignis der erste Aufbau einer Massenvermehrung in liegendem Holz stattfindet, wird er oft kaum wahrgenommen. In der ersten Vegetationsperiode nach einem Windwurf kommt es hier aber häufig zu einer enormen Zunahme der Käferpopulation. Eine Verzehnfachung oder mehr ist während einer einzigen Generation durchaus möglich (WERMELINGER *et al.* 1999). Später tragen natürliche Feinde und Eigenkonkurrenz dazu bei, ein weiteres exponentielles Wachstum zu verhindern. Ist jedoch genügend attraktives Brutmaterial vorhanden und spielt das Wetter mit, kann eine Massenvermehrung durchaus mehrere Jahre andauern.

<sup>1</sup> Vgl. dazu den Beitrag von MEIER *et al.* im vorliegenden Heft.

<sup>2</sup> Beitrag von MEIER *et al.* im vorliegenden Heft.

<sup>3</sup> Beitrag von GALL *et al.* im vorliegenden Heft.

<sup>4</sup> Vgl. dazu den Beitrag von MEIER *et al.* im vorliegenden Heft.

In der Schweiz entwickeln sich unterhalb 1300 m ü.M. normalerweise zwei Buchdrucker-Generationen pro Jahr, oberhalb nur eine. Dies ist mit ein Grund, warum sich Massenvermehrungen im Mittelland rascher aufbauen und häufig auch schneller ihren Höhepunkt erreichen als im Berggebiet. In sehr warmen Vegetationsperioden können zwei Buchdrucker-Generationen bis auf 1600 m ü.M. beobachtet werden. In milden Lagen unterhalb 600 m ü.M. wird unter solchen Bedingungen sogar eine dritte Generation angelegt. In Ausnahmefällen entwickelt sie sich bis zum Jungkäfer, wie dies beispielsweise 2000 der Fall war.

In den Trockenjahren von 1947 bis 1949 fiel das meiste Käferholz im unter besonders starker Dürre leidenden Mittelland und im Jura an. Dies hinterliess den Eindruck, dass sich der Buchdrucker in Fichtenbeständen tieferer Lagen stärker ausbreiten kann als in Gebirgsfichtenwäldern (KUHN 1949). Bereits anfangs 20. Jahrhunderts war aber klar, dass massierter Buchdruckerbefall auch in den Voralpen und Alpen auftreten kann (KELLER 1903). Dies bestätigte sich erneut nach dem Sturm Vivian. Hingegen dürfte ausgedehnter Stehendbefall an der oberen Waldgrenze tatsächlich eine Ausnahme bilden.

Obschon zu Biologie, Epidemiologie und Bekämpfung des Buchdruckers aus den vergangenen 200 Jahren ein riesiger Erfahrungsschatz vorliegt und seit Vivian zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden konnten, sind einzelne Verhaltensweisen und Regelmechanismen nach wie vor ungenügend bekannt. Dazu einige Beispiele:

#### *Migrationsverhalten und Flugdistanz*

Über das Ausbreitungsvermögen sowie die aktive und passive Flugfähigkeit der Käfer gibt es nur wenig gesicherte Angaben. Flugdistanzen können beträchtlich variieren, je nachdem, ob die Käfer am Schlüpf- oder Überwinterungsort nach einem neuen Brutbaum suchen oder in benachbarte Waldbestände migrieren. Dass höchstens etwa ein Drittel einer Population im bestehenden Befallsherd bleibt, während die anderen Käfer wegfliegen, kann aus Freilassungsexperimenten (ZUMR 1992, DUELLI *et al.* 1997) geschlossen werden. Wie genau das Migrationsverhalten der Käfer gesteuert wird, ist wenig bekannt. Beispielsweise beeinflusst der Fettgehalt der überwinterten Käfer deren Flugvermögen (BOTTERWEG 1982).

In bestehenden, sich vergrößernden Befallsherden ist die Käferdichte vorerst hoch und der Migrationsverlust wegen der kurzen Flugdistanz klein. Dafür müssen sich die Käfer mit ansteigenden Nützlingspopulationen auseinandersetzen (WERMELINGER 2002). Um hingegen einen neuen Befallsherd zu gründen, müssen die nach dem Flug ausgedünnten Käferpopulationen geeignete Brutbäume finden und erfolgreich besiedeln können. Dafür sind am neuen Ort noch kaum natürliche Feinde vorhanden. Dieses unterschiedliche Verhalten gehört zu einer geschickten Überlebensstrategie der Buchdrucker.

Normalerweise fliegen die Käfer nur bei leichtem Wind und steuern gegen den Wind einen attraktiven Baum an. Aus den Freilassungsversuchen mit markierten Buchdruckern kann auf eine aktive Flugdistanz von 500 m oder mehr geschlossen werden. Ein Grossteil der wieder gefangenen Käfer flog allerdings vor dieser Distanz in die Fallen (DUELLI *et al.* 1997). Es ist aber durchaus anzunehmen, dass einzelne Käfer mehrere Kilometer aktiv fliegen können, wenn sie keinen geeigneten Brutbaum finden (BOTTERWEG 1982).

Noch weit weniger ist die passive Windverfrachtung der Borkenkäfer erforscht. Da die Käfer bei starkem Wind nicht aktiv fliegen, gehen wir von der Hypothese aus, dass sie zufällig in stärkere Luftströme geraten und so über Distanzen von etlichen Kilometern verfrachtet werden. Das Landegebiet

wird in diesem Fall mehr oder weniger zufällig bestimmt. So können Buchdrucker auch weitab vom nächsten Fichtenbestand gefunden werden (DUELLI *et al.* 1986). Diese passive Windverfrachtung dürfte im Berggebiet eine grössere Rolle spielen als im Mittelland, da die Käfer in stark coupiertem Gelände bei horizontalem Flug rasch in windreiche Bereiche oberhalb der Baumkronen geraten können.

#### *Natürliche Feinde*

Es wird angenommen, dass in Latenzphasen zwischen Massenvermehrungen Borkenkäferfeinde (räuberische Käfer und Fliegen, Schlupfwespen, Spechte, insektenpathogene Pilze usw.) zum natürlichen Gleichgewicht beitragen und die Käferpopulationen unter Kontrolle halten (NIERHAUS-WUNDERWALD 1996). Werden die Bedingungen für eine Borkenkäfer-Gradation aber günstig, so können natürliche Feinde einen Ausbruch einer Massenvermehrung nicht verhindern. Die Weitervermehrung wird eingeschränkt, doch gelingt es den Nützlingen allein oft nicht, die Käferpopulationen regional innerhalb weniger Jahre wieder zu senken. So kann es bei für Borkenkäfer günstigen Bedingungen zu jahrelang andauernden Käfergradationen kommen, wie wir sie beispielsweise aus dem Nationalpark Bayerischer Wald kennen (HEURICH *et al.* 2001). Erst wenn die Witterung und das Angebot an attraktiven Brutbäumen für die Käfer wieder ungünstiger werden, kann der Einfluss der natürlichen Feinde so stark zunehmen, dass die Käferpopulation abnimmt. Eine effektive Quantifizierung eines Nützlingseinflusses ist aber «nicht eben leicht» (ALTENKIRCH *et al.* 2002).

Innerhalb einzelner, sich über mehrere Jahre entwickelnder Käfernester ist die Wirkung der natürlichen Feinde grösser (WERMELINGER 2002). Dies ist möglicherweise mit ein Grund dafür, dass sich Befallsgebiete häufig mosaikartig und nicht flächig vergrössern. Regelmechanismen zu diesem Räuber-Beute-Wirtsbaum-Komplex sind aber nur wenige bekannt. In Zukunft möchte man deshalb herausfinden, ob und wie weit Räumungsmassnahmen von frischem Käferholz auch die Nützlingspopulationen und deren Wirkung beeinflussen.

#### *Lockstoff-Fallen und Fangzahlen*

Lockstoff-Fallen dienen in erster Linie der Überwachung von Käferpopulationen. Die Entwicklung der Fangzahlen gibt Hinweise auf die Schwärmzeitpunkte und den Befallsdruck durch die Käfer. Überwachungsmassnahmen wie Kontrollgänge können so der Käferaktivität angepasst werden. Versuchter Massenfang zur Populationsabschöpfung erreichte jedoch nie die Wirkung, die man sich zu Beginn der 1980er-Jahre erhofft hatte. Es zeigte sich, dass die Käferpopulationen und der Befallsdruck innerhalb einer ganzen Region mit Lockstoff-Fallen nicht erheblich reduziert werden können (DIMITRI *et al.* 1992). Hingegen helfen die Fallen, das lokale Befallsrisiko an instabilen Bestandserändern zu senken und schöpfen in ausgeräumten Käfernestern im Boden überwinterte und zufliegende Käfer ab. Das Fallenstellen bleibt aber nur eine ergänzende Massnahme zum Räumen von befallenem Brutmaterial. Der gewünschte Bekämpfungseffekt tritt nur ein, wenn es mit kombinierten Massnahmen gelingt, den lokalen Befallsdruck zu senken.

Fangzahlen geben nicht nur in groben Zügen die Populationsgrösse an, sondern sind vermutlich auch ein Indikator für den Zustand und das Angebot an attraktiven, die Fallen konkurrenzierenden Bäumen. Dies kann die Interpretation von aktuellen Fangzahlen erschweren. Gegen Ende einer Gradation nimmt der Stehendbefall wegen sich erholenden Fichten ab. Im Verhältnis zu den Bäumen nimmt die Attraktivität der Fallen zu, so dass sich die Fangquoten erhöhen und nochmals beträchtliche Mengen Käfer in die Fallen fliegen. Erst ein Jahr

**Tabelle 1:** Chronologie der Buchdrucker-Massenvermehrung nach dem Sturm Vivian 1990 anhand von Fallbeispielen in den Regionen Disentis GR, Pfäfers SG, Sattellegg SZ, Schwanden-Sernftal GL und Zweisimmen BE.

Jahr	lokale Witterung	Epidemiologie Buchdrucker	Generationen pro Jahr auf 1300 m ü.M.
1990	durchschnittlicher Frühling, warmer Sommer	Februar 1990: Sturm Vivian wirft vier Millionen m <sup>3</sup> Fichtenholz. Buchdrucker-Grundpopulation meist in Latenz oder nur leicht erhöht. Erste Vermehrung in gebrochenem, liegendem Sturmholz mit guter Besonnung. Zahlreiche Stämme in Totschadenflächen trocken ohne Käferbefall aus.	1–2
1991	durchschnittliches Jahr, z.T. trocken	Starker Anstieg der Käferpopulation. Noch mehrheitlich Liegendbefall an Fichten mit noch teilweise vorhandenem Wurzelkontakt und an beschatteten Stämmen, vor allem an Streuwürfen. Erster Stehendbefall an instabilen Rändern.	1
1992	durchschnittlicher Frühling, warmer Sommer mit ausreichend Niederschlag	Nur noch vereinzelter Liegendbefall an Stämmen mit Wurzelkontakt. Die grosse Mehrheit des Sturmholzes ist inzwischen ausgetrocknet, befallen oder weggeräumt. Dafür zunehmender Stehendbefall. Ausgedehnter Befall an instabilen Rändern. Erste Käfernester auch im Innern von stehen gebliebenen Beständen. Erste Anzeichen für «Primärbefall». Bereits höhere Parasitierungsrate als 1991.	2
1993	durchschnittlicher Frühling, warmer Sommer	Starke Ausweitung von bestehenden Käfernestern. Auch zahlreiche neue Käfernester in intakten Beständen. Auf Sturmflächen (kein geeignetes Brutmaterial mehr vorhanden) und an deren Rändern beruhigt sich die Situation. Lokal sind einige Bruten stark parasitiert, vor allem in älteren Befallsherden.	2
1994	ungünstige Frühling-witterung, sehr warmer Sommer	Wider Erwarten ist nochmals ausgedehnter Stehendbefall zu verzeichnen. Der erste Flug erfolgt wegen dem nasskühlen Frühling etwas später und verzettelter als in den Vorjahren; im Sommer holen die Käfer aber wieder auf. Erneutes Auftreten von frischen Käfernestern. Starke gegenseitige Konkurrenz in den Frassbildern, dadurch nur mässiger Bruterfolg.	1–2
1995	ungünstige Frühling-witterung, durchschnittlicher Sommer	Grosse Ausfälle bei den unfertig entwickelten 94er-Käferbruten während der Überwinterung. Der Befallsdruck nimmt ab. Auch Liegendbefall an im Winter geworfenen (Rand-)Bäumen. Immer noch Bildung von neuen Käfernestern, aber deutlich weniger als 1994. Zum Teil entstehen neue Käfernester an Orten, wo man es überhaupt nicht erwartet hätte.	1
1996	ungünstige Frühling-witterung, wechselhafter Sommer	Weitere Abnahme des Neubefalls. Grosse neue Käfernester entstehen nicht mehr. Parasitierung und gegenseitige Konkurrenz der Käfer nehmen weiter zu.	1
1997	durchschnittlich	Die Situation hat sich beruhigt. Neuer Stehendbefall muss regelrecht gesucht werden.	1

später widerspiegeln die Fangzahlen die effektiv abnehmende Käferpopulation.<sup>5</sup>

### 3. Feldbeobachtungen und Erfahrungen nach dem Sturm Vivian

Nach dem Sturm Vivian verfolgte der Phytosanitäre Beobachtungs- und Meldedienst PBMD der WSL die Entwicklung der Käfersituation mittels Fallstudien in verschiedenen Sturmschadengebieten der Alpen und Voralpen (FORSTER 1993, 2001b). Grundgedanke eines WSL-Rahmenprojekts war, noch weitgehend fehlende Erkenntnisse zum Liegenlassen von Sturmholz zu sammeln und Entwicklungen auf ungeräumten und geräumten Sturmflächen zu vergleichen (SCHÖNENBERGER 2002). Es zeigte sich aber bald, dass sich diese Vergleiche zum Beobachten von Borkenkäfer-Folgeschäden nur begrenzt eigneten. Die ausgeschiedenen Flächen waren mit wenigen Hektaren viel zu klein und lagen viel zu nahe beieinander, um von unterschiedlichen Räumungsvarianten Rückschlüsse auf die Auswirkungen auf die Käfergradation zu ziehen. Durch Begehungen in ausgewählten Gebieten konnte hingegen der epidemiologische Verlauf der Buchdrucker-Massenvermehrung festgehalten werden (Tabelle 1). Diese Beobachtungen ergänzen die quantitativ erhobenen Daten der Buchdruckerumfragen auf Stufe der Schweizer Forstreviere.<sup>6</sup> Die Beobachtungen sind ein Beispiel für eine Entwicklung, welche nicht durch weitere, grössere Sturmereignisse beeinflusst wurde.

Nach dem Sturm Vivian gab es in der Schweiz nur wenige Beispiele, bei denen Sturmholz grossflächig liegen gelassen und keine Borkenkäferbekämpfung betrieben wurde. Der

Folgebefall war unter diesen Bedingungen meist höher als in Gebieten mit konventioneller Räumung von Sturm- und Käferholz (MEIER *et al.* 1998, FORSTER 1998). Anhand von Angaben aus der Forstpraxis und der Interpretation von Daten der Buchdruckerumfragen können Auswirkungen von unterschiedlichen Räumungsstrategien nach Sturm aufgezeigt werden. Im Durchschnitt betrug der auf Vivian folgende Buchdrucker-Stehendbefall 1990 bis 1996 rund 50% der Sturmholzmenge, in den Hauptschadengebieten der Alpen 60% (MEIER *et al.* 1998). Die Menge der Folgeschäden hing auch deutlich von weiteren Stürmen und der lokalen Witterung ab.<sup>7</sup>

Grossflächiger, mehrere Jahre andauernder Buchdruckerbefall trat im In- und Ausland vor allem dort auf, wo keine Massnahmen zur Sturm- und Käferholzräumung getroffen oder diese nur punktuell oder zu spät an die Hand genommen wurden (NIEMEYER *et al.* 1995, WESLIEN & SCHRÖTER 1996). Bei sehr starkem Auftreten schlossen sich ungeräumte Käfernester mosaikartig zu grösseren Befallsgebieten zusammen (FORSTER 2001b). Manchmal erfolgte der Zusammenbruch der Käferpopulationen erst, wenn lokal keine geeigneten Brutbäume mehr vorhanden waren. In verschiedenen Beispielen mit nur teilweise erfolgter Sturmholzräumung stieg der Buchdrucker-Folgebefall bis auf 100% der geworfenen Holzmenge oder noch höher, so beispielsweise im Toggenburg (SCHMIDTKE & SCHERRER 1997) oder in der Region Schwanden (KANTONSFORSTAMT GLARUS 1995). Auf der anderen Seite zeigten

<sup>5</sup> Vgl. dazu den Beitrag von GALL *et al.* im vorliegenden Heft.

<sup>6</sup> Vgl. dazu den Beitrag von MEIER *et al.* im vorliegenden Heft.

<sup>7</sup> Vgl. dazu den Beitrag von MEIER *et al.* im vorliegenden Heft.

Räumungsmassnahmen Wirkung: Im stark betroffenen östlichen Berner Oberland oder im Kanton Schwyz lag der Folgebefall nur zwischen 20 bis 40%. Über erfolgreiche Waldschutzmassnahmen nach Sturm wird auch aus dem Wallis berichtet (METRAL 1995). In welchem Zeitraum und wie vollständig die Räumungseingriffe in den erwähnten Gebieten erfolgten, ist leider nur unvollständig dokumentiert. Gegenteilige, regionale Beispiele, bei denen trotz rechtzeitig aufgerüstetem Sturm- und Käferholz überdurchschnittlich starker Buchdrucker-Folgebefall aufgetreten wäre, sind uns nicht bekannt.

Trotz beträchtlichen Streuungen zeigen diese Erfahrungen, dass rechtzeitige Räumungsmassnahmen den Buchdrucker-Folgebefall nach einem Sturmereignis auf regionaler Ebene um rund die Hälfte reduzieren können (FORSTER *et al.* in press), eine Grössenordnung, die auch durch ein dänisches Experiment (WICHMANN & RAVEN 2001) und mit Erfahrungen aus Schweden bestätigt wird (mündl. Mitteilung Å. Lindelöw). Nur punktuelle Bekämpfungseingriffe zeigen hingegen häufig nicht den gewünschten Erfolg. Gelingt es nicht, durch eine rechtzeitige Brutbaumentnahme den lokalen oder regionalen Käferdruck zu senken, kann es an freigestellten Fichten zu weiterem Käferbefall kommen.

#### 4. Herausforderungen für Forstschutz und Waldbewirtschaftung

Erfahrungen im Umgang mit Borkenkäfer-Massenvermehrungen müssen immer wieder neu aufgearbeitet werden. In den vergangenen Jahrzehnten änderten die Ansprüche an den Wald. Ständen früher vor allem nutz- und schutzorientierte Waldfunktionen im Vordergrund, sind heute zusätzlich auch Bedürfnisse für Freizeit, Erholung, Landschaftsgestaltung, Naturschutz und Biodiversität zu berücksichtigen.

Nach dem Sturm Vivian wurden der Wissensstand zum Buchdrucker aufgearbeitet und die Möglichkeiten und Erfolgsaussichten von Bekämpfungsmassnahmen neu evaluiert (JANSEN & DUELLI 1993). Gleichzeitig setzten in Vivian-Sturmschadengebieten auch Beobachtungs- und Forschungstätigkeiten ein, um Waldentwicklungsprozesse mit und ohne menschliches Zutun besser kennen zu lernen. Die Eidgenössische Forstdirektion und die WSL nutzten neue Erfahrungen, um einen Entscheidungsschlüssel zum Umgang mit Sturmschäden zu erstellen (BUWAL 2000). Aktuelle Empfehlungen zum Borkenkäfermanagement wurden auch nach dem Sturm Lothar zusammengestellt (FORSTER *et al.* 2000, FORSTER 2001c).

In der Schweiz werden vor allem mechanische Bekämpfungsmassnahmen getroffen, indem attraktives Brutmaterial vorbeugend weggeräumt wird oder befallene Stämme noch vor dem Ausflug einer neuen Käfergeneration abgeführt oder entrindet werden. Nach Vivian war es nicht möglich, das geworfene Fichtenholz überall und rechtzeitig abzuführen oder zu entrinden. Aus logistischen, wirtschaftlichen oder ökologischen Gründen wurde Sturmholz liegen gelassen und dadurch das erhöhte Risiko einer Borkenkäfervermehrung in Kauf genommen.

Rasch zeigte sich nach Vivian, dass beim Aufräumen von Sturmschadenflächen und der späteren Käferbekämpfung aus Kapazitäts- und Kostengründen ein differenziertes Vorgehen nötig wird (MEIER 1993) und Prioritäten gesetzt werden müssen. Etliche Kantone leisteten dazu Pionierarbeit. Bis in die 1980er-Jahre wurde versucht, das maximal Mögliche mit entsprechend grossem Aufwand zu erreichen. Heute sind jedoch differenzierte und Kosten-Nutzen-optimierte Waldschutzmassnahmen gefragt. Zu einem angepassten Risikomanagement fehlen aber noch entscheidende Grundlagen:

- Wie stark hängt der Erfolg von Waldschutzmassnahmen von der ursprünglichen, regionalen Sturmintensität ab?
- Wie vollständig und wie rasch müssen Sturmschäden geräumt werden, damit der Borkenkäfer-Folgebefall deutlich reduziert werden kann?
- Wie gross müssen Geländekammern mit einheitlicher Räumungsstrategie festgelegt werden, damit Massnahmen erfolgreich sind?
- Welche Rolle spielt die geographische Verteilung von unterschiedlichen Behandlungseinheiten?
- Wie sollen Pufferzonen zwischen Wäldern mit und ohne Massnahmen ausgeschieden und bewirtschaftet werden?

#### 5. Risikomanagement und Prioritätensetzung – heutige Kenntnisse

Neben unterschiedlichen Waldfunktionen, insbesondere dem Schutz gegen Naturgefahren, spielt bei der Prioritätensetzung das Ausbreitungsverhalten des Buchdruckers eine wesentliche Rolle. Gemäss heutigem Kenntnisstand empfehlen wir, geländekammerweise die gleiche Strategie anzuwenden und Streuschäden vor Flächenschäden zu räumen (FORSTER 1998, 2000). Aus Sicht einer vorbeugenden Käferbekämpfung hat das rechtzeitige Räumen der Streuschäden einen grösseren Effekt als ein Eingriff in Totalschadenflächen. Beschattete Streuwürfe trocknen langsamer aus als besonnte Flächenwürfe und bleiben für die Borkenkäfer länger attraktiv. Beschattete Stämme wirken über längere Zeit wie Fangbäume und bieten für die Käferpopulationen im verbleibenden Waldbestand weiträumig verteiltes, günstiges Brutmaterial an. Streuschäden tragen somit verhältnismässig stärker und länger zum Populationsaufbau der Käfer bei und sollten deshalb prioritär entrindet oder abgeführt werden.

Ungeräumte, flächige Windwürfe tragen in den ersten Jahren zwar auch zu einem Aufbau der Käferpopulationen bei, zahlreiche Stämme trocknen jedoch aus, bevor sie überhaupt befallen werden. Dies ist vor allem bei einem hohen Anteil gebrochener Stämme der Fall. Geworfene Stämme, welche noch über einen gewissen Wurzelkontakt verfügen, bleiben hingegen viel länger bruttauglich und können auch noch im zweiten und dritten Jahr nach dem Sturm zur Käfervermehrung beitragen. Wo möglich sollten deshalb Sturmflächen mit einem hohen Anteil geworfener Bäume vor dem gebrochenen Holz aufgerüstet werden.

Bei kleineren Mengen Sturmholz, genügender Erschliessung und vorhandenen Arbeitskapazitäten können einzeln geworfene Fichten oder Fichtengruppen auch als natürliche Fangbäume verwendet werden. Es macht durchaus Sinn, einige Stämme bis zur Besiedelung durch den Buchdrucker liegen zu lassen und sie erst danach mitsamt der Käferbrut noch vor deren Ausflug zu entrinden oder abzuführen. Dadurch kann das Ausmass des Stehendbefalls reduziert werden (WICHMANN & RAVEN 2001).

Die praktische Umsetzung dieser Erkenntnisse ist sehr anspruchsvoll. Waldbesitzstruktur, unterschiedliche Erschliessung, begrenzte finanzielle und technische Mittel sowie kleinräumig abweichende Gewichtungen von Waldfunktionen führen oft dazu, dass innerhalb einer Geländekammer trotzdem unterschiedliche Räumungsvarianten aufeinander treffen. Dies kann entlang der verschiedenen behandelten Waldbestände zu Konflikten führen. Massnahmen gegen Borkenkäfer können sich unter solchen Umständen auch kontraproduktiv auswirken. Wenn es nicht gelingt, den regionalen Befallsdruck zu senken, werden freigestellte Randbäume entlang von geräumten Käfernestern oft neu befallen. Es ist im Einzelfall aber schwer nachweisbar, wie weit solcher Neube-

fall «hausgemacht» und wie weit er auf ungeräumte Befalls-herde in der näheren Umgebung zurückzuführen ist.

Um Konflikten vorzubeugen, sollten zwischen Beständen mit unterschiedlicher Räumungsstrategie Pufferzonen von minimal einigen Hundert bis etwa 1500 Meter Breite geschaffen werden (NIEMEYER *et al.* 1995, HEURICH *et al.* 2001). In der Praxis fehlt dazu aber häufig der nötige Raum, und zur phytosanitären Behandlung derartiger Zonen liegen erst wenig Erfahrungen vor. In Zukunft werden uns solche Pufferzonen herausfordern, nicht nur im Falle von unterschiedlichen Strategien der Waldbesitzer oder Forstdienste, sondern auch in der Umgebung von Waldreservaten oder Waldbeständen, welche aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr gepflegt werden.

Um offene Fragen abzuklären, verfolgt die WSL weiterhin die Buchdrucker-Situation und untersucht die Auswirkungen von unterschiedlichen Räumungsintensitäten von Sturmflächen und Käfernestern auf den nachfolgenden Befallsverlauf (FORSTER 2001a). Insbesondere fehlen noch räumliche, zeitliche und qualitative Kenngrößen zur Optimierung von Waldschutzmassnahmen (siehe Fragenkatalog Kapitel 4).

## 6. Folgerungen

Der Buchdrucker kann Fichtenbestände im Extremfall innerhalb weniger Jahre zum Absterben bringen. Dies ist ein ökologischer, dynamischer Prozess, der auch in Naturwäldern beobachtet werden kann. Befallsschwerpunkte treten meist geklumpt auf. Sie können lokal über längere Zeiträume zu nicht mehr nachhaltigen Waldentwicklungen führen. Im Schutz- und Wirtschaftswald werden unter Umständen prioritäre Funktionen nicht mehr im erwünschten Mass erbracht.

Zwischen auslösenden Primäreinflüssen wie Sturm oder Trockenheit und nachfolgendem Käferbefall besteht ein deutlicher Zusammenhang. Nach ausserordentlichen Naturereignissen in Fichtenbeständen kann eine Vermehrung des Buchdruckers meist nicht verhindert werden. Nach grösseren Stürmen ist mit rund 20 bis 50% Buchdrucker-Folgebefall zu rechnen. Werden in fichtenreichen Windwurfgebieten keine oder nur partielle Räumungsmassnahmen getätigt und auch Käfer-nester stehen gelassen, kann sich der regionale Folgebefall bis auf 100% oder mehr erhöhen. Einen entscheidenden Einfluss spielen dabei auch die Witterung und der Zustand des verbleibenden Bestandes. Bei trocken-warmer Witterung und zahlreichen gestressten Fichten im Baumholzalter kann eine Buchdruckerepidemie mehrere Jahre andauern.

Durch das Aufräumen von Sturm- und Käferholz kann der räumliche und zeitliche Verlauf einer Borkenkäfer-Massenvermehrung auf regionaler Ebene beeinflusst werden. Dabei sollten die knappen Mittel nicht für punktuelle Massnahmen eingesetzt werden. Für ganze Geländekammern sollte die gleiche Strategie zum Zug kommen, unabhängig von Eigentümergegrenzen oder lokalen, oft verzahnten Waldfunktionseinheiten. Je grösser und kompakter Geländekammern aus-geschieden werden, desto geringer wirkt sich die gegenseitige Beeinflussung durch migrierende Käfer aus.

In der Schweiz wird der jährliche Holzzuwachs seit langem nicht mehr voll genutzt. Dies führt zu hohen Holzvorräten und erhöht damit das Risiko für Windwurf und Käferbefall. Der Buchdrucker wird in Zukunft vermehrt in Erscheinung treten und die Entwicklung der Schweizer Wälder mitgestalten. Hält die seit rund 20 Jahren zu beobachtende Wärmephase an, dürfte dies den Einfluss der Käfer zusätzlich verstärken.

## Zusammenfassung

1990 und 1999 fegten zwei grosse Stürme über Europa hinweg. Im Schweizer Wald hinterliessen sie die grössten je registrierten Windwürfe. In der Folge wurden Millionen von Kubikmetern Fichten durch den Buchdrucker (*Ips typographus* L.) stehend befallen. In den Jahren 1990 bis 1996 entsprach dieser Folgebefall rund 50% des durch den 1990er-Sturm geworfenen Fichtenholzes, auch dies ein Rekord.

In den Hauptschadengebieten war es nicht möglich, alles Sturmholz rechtzeitig aufzuräumen, bevor sich die Käfer darin vermehren konnten. Beim Aufräumen wurden durch Forstdienste und Waldbesitzer Prioritäten gesetzt. Neben logistischen sprachen auch ökonomische und ökologische Gründe gegen eine totale Räumung. In Regionen mit hohen Anteilen an liegen gelassenem Sturmholz und ungeräumten Käfer-nestern war der Folgebefall durch den Buchdrucker rund doppelt so gross wie in Gebieten, in denen Sturm- und Käferholz rechtzeitig aufgeräumt wurden. Um Fragen zum Risikomanagement abzuklären, wird die Entwicklung der Borkenkäfersituation in unterschiedlich behandelten Sturmschadenregionen sowie im Bereich von Pufferzonen weiterhin verfolgt.

## Summary

### Management of the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus*) during mass attacks – experiences after windfall in Switzerland

In 1990 and 1999 two heavy storms struck Europe, the worst gales ever recorded in Switzerland. Millions of cubic metres of standing spruce trees were subsequently attacked by the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus* L.). In Swiss forests, such heavy mass attacks have never been observed before. From 1990 to 1996 standing trees infested by beetles totalled 50% of the spruce timber thrown by the 1990 storm.

Logistics sometimes made it impossible to remove all wind-thrown timber before new generations of beetles emerged. Forest services and forest owners were forced to set priorities. The strained financial situation of many owners and ecological aspects were also reasons for changing forest protection strategies and leaving some storm and bark beetle damaged areas uncleared. In regions with such areas, the amount of subsequent bark beetle attack approximately doubled compared with other regions where storm damages and infestation spots were thoroughly cleared. To answer questions of new risk assessment, projects were started on scolytid behaviour in differently treated regions and in buffer zones.

## Résumé

### Gestion des pullulations de typographe (*Ips typographus*) – Expériences faites après des dégâts dus aux tempêtes en Suisse

En 1990 et 1999, deux ouragans ont dévasté de larges parties de l'Europe. Dans les forêts suisses, les tempêtes ont été plus destructives que jamais. En conséquence, des millions de mètres cubes d'épicéa sur pied ont été infestés par le typographe (*Ips typographus* L.). C'est la première fois que des pullulations aussi fortes ont été observées en Suisse. Entre 1990 et 1996, les attaques aux épicéas sur pied correspondaient à 50% du volume d'épicéa renversé par l'ouragan de 1990.

Pour des questions d'organisation, il a été impossible de nettoyer toutes les zones de chablis avant l'essaimage d'une nouvelle génération de scolytes. Le service forestier et les propriétaires ont été obligés de fixer des priorités. La précarité des finances ainsi que des impératifs écologiques les ont incités à

adapter les mesures phytosanitaires. Plusieurs zones de chablis et foyers de scolytes n'ont pu être traités. Dans ces régions non ou partiellement assainies, le typographe a causé deux fois plus de dommages que dans les régions bien nettoyées. Pour mieux évaluer les risques, des projets d'observation ont été lancés afin de comparer l'épidémie de scolytes dans ces différentes régions et dans les zones tampons.

## Literatur

- ALTENKIRCH, W.; MAJUNKE, C.; OHNESORGE, B. (Hrsg.) 2002: Waldschutz auf ökologischer Grundlage. Stuttgart, Ulmer, 434 S.
- BOTTERWEG, P.F. 1982: Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Z. Angew. Entomol.* 94: 466-489.
- BUWAL 2000: Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald. Schriftenreihe Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald Landschaft (Buwal), Bern, 100 S.
- DIMITRI, L.; GEBAUER, U.; LÖSEKRUG, R.; VAUPEL, O. 1992: Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. *J. Appl. Entomol.* 114: 103-109.
- DUELLI, P.; STUDER, M.; NÄF, W. 1986: Der Borkenkäferflug ausserhalb des Waldes. *Z. Angew. Entomol.* 102, 2: 139-148.
- DUELLI, P.; ZAHRADNIK, P.; KNIZEK, M.; KALINOVA, B. 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *J. Appl. Entomol.* 121: 297-303.
- FORSTER, B. 1993: Entwicklung der Borkenkäfersituation in den Schweizer Sturmschadengebieten. *Schweiz. Z. Forstwes.* 144, 10: 767-776.
- FORSTER, B. 1998: Storm damages and bark beetle management: how to set priorities. In: Grodzki, W. et al. (Eds.): *Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the first Workshop of the IUFRO WP 7.03.10 – Ustron-Jaszowiec, Poland, April 1998*, IBL Forest Research Institute, Warszawa: 161-165.
- FORSTER, B. 2000: Borkenkäferbekämpfung nach Sturmschäden. Kursunterlage. Kopie, 2 S. Lutte contre le bostryche à la suite de dégâts d'ouragan. Document récapitulatif. Copie, 2 p.
- FORSTER, B. 2001a: Bark beetle survey: Can monitoring of *Ips typographus* help to minimise control measures? In: Knizek, M. et al. (Eds.): *Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the IUFRO WP 7.03.10 Workshop, Sept. 24-28 2000*, Busteni, Romania, Brasov, Forest Research and Management Institute (ICAS), Section of Brasov: 22-25.
- FORSTER, B. 2001b: Chronologie der Borkenkäferentwicklung im Raum Schwanden 1990 bis 1997. In: Sophie und Karl Binding Stiftung (Hrsg.): *Binding Preis für vorbildliche Waldpflege 2001. Vivian als Chance. Gemeinde Schwanden GL. Basel*, 115 S.: 41-42.
- FORSTER, B. 2001c: Käferholz erkennen und richtig handeln. *Wald Holz* 82, 8: 72-74.
- FORSTER, B.; MEIER, F. 1990: Die Borkenkäfersituation 1989/90: Buchdrucker *Ips typographus*. *PBMD-Bull.* Oktober 1990. 18 S.
- FORSTER, B.; MEIER, F.; GALL, R. in press: Bark beetle management during a mass attack - Some Swiss experiences.
- FORSTER, B.; WERMELINGER, B.; MEIER, F. 2000: Sturmschäden und Borkenkäfer. Die Situation nach «Lothar». *Wald Holz* 81, 2: 40-42.
- HEURICH, M.; REINELT, A.; FAHSE, L. 2001: Die Buchdrucker Massenvermehrung im Nationalpark Bayerischer Wald. In: *Waldentwicklung im Bergwald nach Windwurf und Borkenkäferbefall*. Bayer. Staatsforstverwaltung Wiss. Reihe, Grafenau, 14: 9-48.
- HOLENSTEIN, B. 1994: Sturmschäden 1990 im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal), Bern, Schriftenreihe Umwelt Nr. 218, 41 S.
- JANSEN, E.; DUELLI, P. 1993: Borkenkäfer: Was wissen wir, was vermuten wir, was sollten wir wissen? *Schweiz. Wald* 129, 7-8: 31-33.
- KANTONSFORSTAMT GLARUS 1995: Sturmschäden im Glarner Wald vom 27./28.2.1990. Schlussbericht. Glarus, 52 S.
- KELLER, C. 1903: Untersuchungen über die Höhenverbreitung forstschädlicher Tiere in der Schweiz. *Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Vers.wes.* 8, 1: 3-80.
- KUHN, W. 1949: Das Massenaufreten des achtzähligen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. nach Untersuchungen in schweizerischen Waldungen 1946 bis 1949. *Mitt. Eidgenöss. Anst. forstl. Vers.wes.* 26, 1: 245-330.
- MEIER, A.L. 1993: Differenzierte Forstschutzmassnahmen im Berner Oberland. *Schweiz. Z. Forstwes.* 144, 10: 777-788.
- MEIER, F.; ENGESSER, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O. 1998: Forstschutz-Überblick 1997. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 28 S.
- MEIER, F.; ENGESSER, R.; FORSTER, B.; ODERMATT, O. 2002: Forstschutz-Überblick 2001. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 18 S.
- METRAL, R. 1995: Bekämpfung des Borkenkäfers im Unterwallis. Der Aufwand hat sich gelohnt. *Wald Holz* 76, 6:20-21.
- NATIONALPARKVERWALTUNG BAYERISCHER WALD 1996: Totholz im Nationalpark Bayerischer Wald, Entwicklung des Anteils abgestorbener Fichten. Grafenau, 36 S.
- NIEMEYER, H.; ACKERMANN, J.; WATZEK, G. 1995: Eine ungestörte Massenvermehrung des Buchdruckers (*Ips typographus*) im Hochharz. *Forst Holz* 50, 8: 239-243.
- NIERHAUS-WUNDERWALD, D. 1996: Die natürlichen Gegenspieler der Borkenkäfer. 2. Aufl., *Merkbl. Prax.* 19, 8 S.
- SCHMIDTKE, H.; SCHERRER, H.-U. 1997: Sturmschäden im Wald. Schlussbericht NFP 31. Zürich, vdf Hochschulverlag, 38 S.
- SCHÖNENBERGER, W. 2002: Windthrow research after the 1990 storm Vivian in Switzerland: objectives, study sites, and projects. *For. Snow Landsc. Res.* 77, 1/2: 9-16.
- WERMELINGER, B. 2002: Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (*Col., Scolytidae*) infestation. *J. Appl. Entomol.* 126: 521-527.
- WERMELINGER, B.; DUELLI, P.; OBRIST, M.K. 2002: Dynamics of saproxylic beetles (*Coleoptera*) in windthrow areas in alpine spruce forests. *For. Snow Landsc. Res.* 77, 1/2: 133-148.
- WERMELINGER, B.; OBRIST, M.K.; DUELLI, P.; FORSTER, B. 1999: Development of the bark beetle (*Scolytidae*) fauna in windthrow areas in Switzerland. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 72, 3-4: 209-220.
- WERMELINGER, B.; SEIFERT, M. 1998: Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (*Col., Scolytidae*). *J. Appl. Entomol.* 122: 185-191.
- WERMELINGER, B.; SEIFERT, M. 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. *Ecol. Entomol.* 24: 103-110.
- WESLIEN, J.; SCHRÖTER, H. 1996: Natürliche Dynamik des Borkenkäferbefalls nach Windwurf. *AFZ/Wald* 51, 19: 1052-1055.
- WICHMANN, L.; RAVEN, P.R. 2001: The spread of *Ips typographus* (L.) (*Coleoptera, Scolytidae*) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *For. Ecol. Manage.* 148: 31-39.
- WITTEW, D.; MATTHEWS, K.; ZOGAS, K.; TRUMMER, L.; HOLSTEN, E.; SCHULZ, B.; HENNON, P.; SCHULTZ, M.; RIGGS, J.; BURNSIDE, R. 1998: Forest Insect and Disease Conditions in Alaska - 1998. *Gen. Tech. Rep. USDA For. Serv. R10-TP-74*, 57 p.
- ZUMR, V. 1992: Dispersal of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (*Col., Scolytidae*) in spruce woods. *J. Appl. Entomol.* 114: 348-352.

## Autoren

BEAT FORSTER, FRANZ MEIER, ROLF GALL, Abteilung Wald und Umweltschutz, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf. E-Mail: beat.forster@wsl.ch, franz.meier@wsl.ch, rolf.gall@wsl.ch. CHRISTOPH ZAHN, Eidgenössische Forstdirektion, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Buwal, 3003 Bern. E-Mail: christoph.zahn@buwal.admin.ch.