

# Förderung von saproxylichen Arten: Massnahmen, Zielkonflikte und offene Fragen

RITA BÜTLER, THIBAUT LACHAT und RODOLPHE SCHLAEFFER

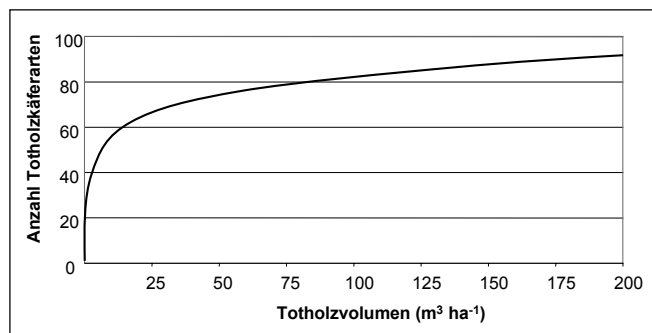
**Keywords:** Saproxylic species; dead wood; veteran trees; biodiversity; sustainable forest management; Switzerland. FDK 151 : 181.7 : 624 : 903 : 907.1 : (494)

## 1. Einleitung

Alt- und Totholzarten, auch saproxyliche Arten genannt, gehören zu den am meisten gefährdeten Organismen Mitteleuropas (GROVE 2002, GEISER 1983). Geiser gibt für Österreich 1343 xylobionte Käfer an, von denen 69 % als gefährdet oder ausgestorben gelten. Europaweit sind 40 % der saproxylichen Käferarten gefährdet (SPEIGHT 1989). Eremit (*Osmoderma eremita*), Hirschkäfer (*Lucanus cervus*) und Alpenbock (*Rosalia alpina*) sind Beispiele von Käferarten, die auch in der Schweiz sehr selten geworden sind (JUILLERAT & VÖGELI 2004, DUELLI & WERMELINGER 2005).

Der Hauptgrund für die zunehmende Gefährdung ist die jahrhundertelange, zum Teil intensive Bewirtschaftung der meisten Wälder Mitteleuropas. Bis etwa zur Römerzeit bedeckten natürlicherweise Alters- und Zerfallsphasen in mitteleuropäischen Urwäldern riesige Flächen, wo sich grosse Mengen alten, absterbenden und toten Holzes ansammelten. Darauf entwickelte sich im Laufe der Zeit eine hoch spezialisierte Flora und Fauna. Heute leben die saproxylichen Arten suboptimal, und deren gegenwärtige Verbreitung entspricht nicht mehr dem natürlichen Zustand. Viele davon überleben in Europa nur noch als Reliktpopulationen (BUCKLAND & DINNIN 1993) in kleinen Waldteilen oder sogar in Einzelbäumen (VIGNON 2005).

Im schweizerischen Mittelland nehmen 160-jährige oder noch ältere Bestände nur noch 1 % der Waldfläche ein (BÜTLER *et al.* 2005). In den Schweizer Alpengebieten bedecken solche Bestände jedoch 20 % der Waldfläche. Folglich sind Alt- und Totholzspezialisten in gewissen Regionen der Schweiz besonders stark bedroht. Gleichzeitig zeigte eine kürzlich durchgeführte Untersuchung, dass Förderungspotenziale für saproxyliche Arten im Mittelland sowie im Jura sehr gross sein können (BÜTLER *et al.* 2005). Alt- und Totholzarten sind dort noch inselartig vorhanden, könnten aber durch geeignete Massnahmen durchaus wieder häufiger werden. *Abbildung 1* (nach MARTIKAINEN *et al.* 2000) zeigt, dass die Artenzahl schon mit einer geringen Zunahme der Totholzmenge rasch ansteigen kann, wenn die verbleibenden Restvolumen niedrig sind. Förderungsmassnahmen können also auch in Regionen mit heute sehr geringen Totholzvolumen positiv wirken. Die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist ein Ziel der nachhaltigen Waldbe-



**Abbildung 1:** Anzahl Totholzkäferarten als Funktion des Totholzvolumens (nach MARTIKAINEN *et al.* 2000).

wirtschaftung und wird im Rahmen der Schweizer Waldpolitik auch mit finanziellen Anreizen gefördert (BUWAL 2004 a).

Das Laboratorium für Ökosystemmanagement der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne war vom Buwal (heute: Bafu) beauftragt worden, die wissenschaftlichen Grundlagen für eine nationale Strategie zur Förderung von Alt- und Totholzspezialisten auszuarbeiten (BÜTLER *et al.* 2005). In BÜTLER *et al.* (in diesem Heft) stellen wir diese Grundlagen in summarischer Form vor und beantworteten vor allem die Frage, in welchen Regionen der Schweiz Massnahmen besonders nötig sind. In diesem Aufsatz werden geeignete Massnahmen zur Förderung von saproxylichen Arten beschrieben, einige Lösungsansätze für eventuelle Zielkonflikte präsentiert sowie eine Reihe von offenen Fragen aufgezeigt, und zwar speziell im Hinblick auf eine möglicherweise künftige intensive Nachfrage nach Holzprodukten aus dem Wald.

## 2. Direkte Massnahmen

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass Massnahmen zur Förderung von bedrohten und rückgängigen saproxylichen Arten nötig sind. Angesichts der unersetzlichen Nutzungsfunktion unserer Wälder kann jedoch nur ein relativ bescheidener Anteil von etwa 10 % der Waldfläche als strenge Schutzgebiete (Waldreservate, insbesondere Totalreservate) ausgetrennt werden. Ein umfassendes Konzept zur Förderung von Alt- und Totholzspezialisten muss daher weitere Bestandteile und Massnahmen berücksichtigen, die auch mit den übrigen forstlichen Zielen in Einklang zu bringen sind. Wir unterscheiden zwischen direkten, im Wald auszuführenden Massnahmen und solchen, die zur Verbesserung der Rahmenbedingungen führen. Zu den direkten Massnahmen gehören:

- die Alt- und Totholzanreicherung durch «weniger machen», d. h. natürlich entstandenes Totholz (z. B. aus Windwurf, Insektenbefall usw.) soll nicht entfernt werden;
- die Ausscheidung von Waldreservaten;
- das Schaffen von Altholzinseln;
- das Erhalten von Biotopbäumen, d. h. von Bäumen mit Merkmalen von Altholz;
- das Erhalten von Methusalems (Baumveteranen), z. B. durch dauerhaftes Markieren von Alt- und Totholzanzwärttern, die im Bestand zu belassen sind;
- die Verbesserung der Vernetzung zwischen Alt- und Totholzstrukturen;
- das künstliche Herstellen von Totholz und Biotopbäumen mittels technischer Eingriffe, die lebende Bäume zum vorzeitigen Absterben bringen oder typische Merkmale von Altholz schaffen.

### 2.1 Alt- und Totholzanreicherung durch «weniger machen»

Wie viel Totholz fiele in den verschiedenen Regionen der Schweiz nach einem bestimmten Zeitraum an, wenn kranke Bäume und

Totholz nicht mehr entfernt würden? Genügt der natürliche Input (Mortalität) unter den gegebenen Zerfallsraten und Anfangsvolumen, um innerhalb nützlicher Frist – z.B. innerhalb von zehn, zwanzig oder dreissig Jahren – einen aus ökologischer Sicht genügenden Totholzanteil (mindestens 20 m<sup>3</sup> pro Hektare; siehe BÜTLER *et al.* in diesem Heft) zu erreichen? Die Beantwortung dieser Fragen ist schwierig, da nur wenige Daten für die Bildung eines geeigneten Modells zur Verfügung stehen. BÜTLER *et al.* (2005) führten eine Simulation durch – unter Zuhilfenahme von Daten über Mortalität und Zersetzungsgeschwindigkeiten von Totholz. Das daraus resultierende Modell beruht auf vielen Annahmen, die vielleicht revidiert werden müssen, und konnte wegen Datenmangels noch nicht validiert werden. Es ist also noch verbesserungswürdig. Trotz dieser Einschränkungen führen wir einige vorläufige Ergebnisse an (Tabelle 1). Gemäss diesem Modell verläuft die natürliche Totholzanreicherung je nach Region unterschiedlich. Dank der höchsten verbleibenden Volumen werden in den Alpen am schnellsten 20 bis 30 m<sup>3</sup> pro Hektare erreicht. Die höchsten Werte werden aber letztlich im Mittelland und in den Voralpen erzielt. Hingegen sind im Jura und in den Südalpen die zu erwartenden Mengen relativ bescheiden. Es müssten jährlich je nach Region 0,2 bis 0,7 % des Lebendvorrats oder 0,5 bis 1,6 Kubikmeter pro Hektare als Totholz zur Verfügung gestellt werden, um innerhalb von 30 Jahren ein Volumen von 20 bis 30 m<sup>3</sup> pro Hektare zu erreichen. Dafür genügt wahrscheinlich der natürliche Input (Mortalität). «Weniger machen», d.h. natürlich entstandenes Totholz (z.B. aus Windwurf, Insektenbefall usw.) sowie kränkelnde Bäume nicht zu entfernen, scheint darum in allen Regionen der Schweiz als «Passiv-Massnahme» zur Förderung von Alt- und Totholzspezialisten sinnvoll.

## 2.2 Waldreservate

Waldreservat-Konzepte liegen bereits in fast allen Kantonen vor. Die Einrichtung der Reservate schreitet voran, und ihre Fläche liegt heute bei 2,5 Prozent der Schweizer Waldfläche (314 km<sup>2</sup>). Die Waldpolitik hat sich zum Ziel gesetzt, bis spätestens 2030 auf zehn Prozent der Waldfläche Reservate (Sonder- und Totalwaldreservate) einzurichten (BUWAL 2005).

Diese Massnahme ist bestens geeignet für die Erhöhung der Alt- und Totholzanteile im Schweizer Wald. Allerdings ist sie alleine keineswegs ausreichend, wie in der wissenschaftlichen Literatur immer wieder hervorgehoben wird. Die Reservate bedecken nur eine geringe Fläche des Schweizer Waldes und liegen oft viel zu weit auseinander, um Migrationen und den Austausch von Arten zu ermöglichen.

In Nordamerika und Australien werden grossflächige alte Wälder ausgeschieden und als «old growth forests» bezeichnet.

**Tabelle 1: Totholzvolumen, das gemäss BÜTLER *et al.* (2005) im Jahr X in den verschiedenen Produktionsregionen der Schweiz erwartet werden kann.**

Annahme, dass a) die im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar (BRASSEL & BRÄNDLI 1999) für eine Zeitdauer von zehn Jahren berichteten Mortalitätsraten in gleichem Masse weiterverlaufen und b) die für unbewirtschaftete Wälder erhobenen Mortalitätsraten auch auf bewirtschaftete Wälder extrapoliert werden können, falls keine toten/kränkelnden Bäume durch den Waldbewirtschafter entfernt werden.

Jahr	Totholzvolumen [m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]				
	Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Südalpen
2010	9,5– 9,9	19,1–20,1	21,4–22,2	25,8–27,5	14,0–15,0
2015	12,0–13,0	31,0–34,0	29,0–31,0	31,0–35,0	16,0–18,0
2020	15,0–16,0	40,0–45,0	36,0–40,0	36,0–42,0	18,0–21,0
2035	20,0–24,0	59,0–73,0	51,0–60,0	47,0–60,0	22,0–28,0
2050	23,0–29,0	69,0–92,0	61,0–75,0	53,0–75,0	24,0–33,0

net. Es handelt sich um alte Waldbestände, welche besondere Habitate, Naturnähe und Ästhetik aufweisen. Diese old growth forests blieben von menschlichen Einflüssen während einer langen Periode verschont (die Zeit ohne Bewirtschaftung ist sehr variabel, je nach Definition 150 Jahre bis länger als die Lebensdauer der dominanten Baumart). In der Schweiz sowie in Mitteleuropa sind solche Bestände äusserst selten oder sogar völlig abwesend. Waldreservate sowie Altholzinselfen bieten einen ökologisch und politisch angepassten Habitatersatz, sofern sie einigermaßen miteinander vernetzt werden.

## 2.3 Altholzinselfen

Schwieriger als eine genügende Totholzmenge zu erreichen, ist es, ausreichende Anteile von Altholz sicherzustellen. Denn dies ist ein viel längerer Prozess, da es Jahrzehnte dauern kann, bis ein Baum Altersmerkmale aufweist. Zudem ist die Ausgangssituation ziemlich schlecht, da in den meisten Regionen der Schweiz Bäume im Prinzip nach dem Erreichen von 50 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) bald einmal gefällt werden und deshalb nur noch wenig sehr dicke Bäume existieren (BÜTLER *et al.* 2005). Die Schweizer Wälder werden aber immer weniger intensiv bewirtschaftet. In rund 13 % der Wälder wurde seit mindestens 50 Jahren waldbaulich nicht mehr eingegriffen (BUWAL 2005). So entstehen immer mehr Naturwälder, die alle Phasen der natürlichen Waldentwicklung durchlaufen, also auch auf natürliche Weise altern. Trotz der Seltenheit von alten Bäumen besteht also ein reelles Potenzial für Altholzinselfen. Diese unbewirtschafteten Waldflächen befinden sich aber vorwiegend in den Alpen, Voralpen und Südalpen. Das Mittelland und der Jura – Regionen, wo Altholzinselfen am meisten nötig sind – weisen mit 0,4 bis 5 % einen viel niedrigeren Anteil an unbewirtschafteten Waldflächen auf.

In Mitteleuropa werden Altholzinselfen folgendermassen definiert: Altholzinselfen sind in der Regel ein bis fünf Hektar grosse, reife Altholzbestände heimischer Baumarten, die temporär, d.h. bis zum Zeitpunkt ihres natürlichen Zerfalls, nutzungsfrei bleiben. Es gibt keine obere Grenze für die Fläche von Altholzinselfen. Man beachte, dass in dieser Definition die Nutzung des Altholzbestandes ausgeschlossen ist. In gewissen Definitionen wird nur eine Verlängerung der Umtriebszeit verlangt, wonach dann der Bestand genutzt wird. Die verlorene Altholzinsel wird anschliessend durch einen anderen Altbestand ersetzt. Es handelt sich also um ein räumlich wechselndes Netz von Altholzflächen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Altholzspezialisten (Pflanzen- und Tierarten) genügend schnell und weit wandern können, um sich den veränderten Verhältnissen anzupassen. Diese Anpassungsfähigkeit wird aber auf wissenschaftlicher Ebene in Zweifel gezogen, weshalb postuliert wird, dass räumliche und zeitliche Kontinuität für die Erhaltung der Artenvielfalt eine wichtige Rolle spielen. Im Gegensatz zu Waldreservaten wird der Zeitraum für die Altholzinsel nicht festgelegt (z.B. mindestens 50 Jahre), sondern durch die Entwicklung der Insel bestimmt (bis zum natürlichen Zerfall). Um möglichst rasch funktionelle Altholzinselfen zu erreichen, sollten diese auf Waldflächen mit mindestens zehn bereits alten grossen Bäumen pro Hektare (BHD > 35 cm und Alter >> Umtriebszeit) geplant werden. In Deutschland wird das Einrichten oder Belassen von Altholzinselfen in der Grössenordnung von zwei bis fünf Prozent der Waldfläche empfohlen.<sup>1</sup>

Altholzinselfen werden in gewissen Regionen und Kantonen der Schweiz wie auch in Frankreich, Deutschland usw. bereits

<sup>1</sup> Mündliche Mitteilung von H. Kluttig, Bundesamt für Naturschutz, Deutschland.

ausgewiesen. Allerdings fehlen noch die wissenschaftlichen Grundlagen, um die notwendige Grösse der Inseln, die Abstände zwischen ihnen und ihre Verteilung in der Landschaft ökologisch sinnvoll festzulegen. Bisher werden diesbezügliche Entscheidungen meistens ad hoc auf intuitiver Basis gefällt, indem vielmehr politische und finanzielle Machbarkeit als wissenschaftliche Erkenntnisse als Entscheidungshilfe dienen. Bereits existierende Altholzinseln sollten also in Zukunft als Labor für Experimente genutzt werden, um die fehlenden wissenschaftlichen Grundlagen für künftige Altholzinselprojekte zu erarbeiten. Altholzinseln sollten als Prinzip in der regionalen Waldplanung (BACHMANN 2005) verankert sowie als konkrete Flächen in einem Lageplan in die Forstbetriebsplanung integriert werden. Auch sollten sie dauerhaft, aber diskret im Feld gekennzeichnet werden.

## 2.4 Biotopbäume (Biotopholz, Habitatbäume)

Der Begriff «Biotopbaum» wird folgendermassen definiert: ein Baum, welcher aufgrund seiner Beschaffenheit für die (tot-)holzbewohnenden Lebewesen geeignete ökologische Nischen zur Verfügung stellt. Biotopbäume umfassen:

- Bäume mit grösseren Stammverletzungen, Blitzrinnen, Rissen, Spalten, aufgesplitterten Stämmen;
- Bäume mit Kronenbruch, Zwieselabbruch, Ersatzkrone, viel Kronentotholz;
- Bäume mit Stammfäule, Pilzbefall (z. B. Buchen mit Zunderschwamm);
- Bäume mit Natur- und Spechthöhlen («Höhlenbäume»), ausgehöhlten Stämmen, mit Mulmhöhlen<sup>2</sup>, Rindentaschen;
- Bäume mit Krebsbildungen, Schürfstellen, Wurzelsteller;
- Bäume mit Horsten baumbrütender Vogelarten («Horstbäume»);
- Uralte Bäume (Methusalems, siehe Kapitel 2.5);
- Totholz (stehend und liegend).

Solche Bäume zu erhalten oder zu fördern, ist eine geeignete Massnahme, dem Mangel an Alt- und Totholz entgegenzuwirken. Denn Biotopbäume weisen Merkmale auf, die oft für sehr alte Bäume charakteristisch sind. Sie müssen aber nicht zwingend ein hohes Alter erreichen, da bereits relativ junge Biotopbäume vielfältige Funktionen erfüllen können.

WINTER *et al.* (2003) bezeichneten diese Merkmale als Sonderstrukturen. In ihrer Untersuchung über Buchenwälder im nordostdeutschen Tiefland gelang es diesen Forschern, die Häufigkeit von Sonderstrukturen in unbewirtschafteten Wäldern zu beschreiben (Tabelle 2). Gemäss dieser Untersuchung beträgt der Erwartungswert für die Anzahl Sonderstrukturen in einem naturnah bewirtschafteten Wald ein Fünftel des Referenzwertes im unbewirtschafteten Wald.

WINTER *et al.* (2003) definierten zwei Prüfkriterien, um den Erhaltungszustand eines Wirtschaftswaldes zu beurteilen: die

**Tabelle 2:** Beispiele von Sonderstrukturen in unbewirtschafteten Buchenwäldern (Referenzwerte) und Erwartungswerte für eine naturnahe Waldwirtschaft (gemäss WINTER *et al.* 2003).

Sonderstruktur	Referenzwert Strukturen ha <sup>-1</sup>	Erwartungswert Strukturen ha <sup>-1</sup>
Zunderschwammbäume	3,2	0,6
Kronenbruch	2,6	0,5
Stammbruch am lebenden Baum	1,5	0,3
Ersatzkronenbäume	2,7	0,5
Blitzrinnen	0,7	0,1
Höhlenbäume	8,2	1,6
Höhlen mit Mulm	6,0	1,2
Rindentaschen	20,0	4,0

qualitative Vielfalt und die Anzahl von Sonderstrukturen pro Flächeneinheit. Gemäss diesen Autoren stellt ein durchschnittliches Vorkommen von mehr als zehn verschiedenen Sonderstrukturtypen pro Hektare einen sehr guten Erhaltungszustand dar; neun und zehn Sonderstrukturtypen pro Hektare stellen einen guten, sieben und acht einen mittleren und weniger als sieben einen schlechten Erhaltungszustand dar. Bei einem sehr guten Erhaltungszustand kommen >80 Sonderstrukturen, bei einem guten >60 bis 80, bei einem mittleren >40 bis 60 und bei einem schlechten Erhaltungszustand weniger als 40 Sonderstrukturen pro Hektare vor. Ob diese Beurteilungsskala in der Schweiz direkt angewendet werden kann, müsste noch geprüft werden. Jedenfalls ist sie zumindest als Ausgangspunkt zur Beurteilung der Qualität eines Wirtschaftswaldes für Alt- und Totholzarten sicher verwendbar.

Es ist sinnvoll, bestehende Bruchereignisse, Höhlenbäume, Bäume mit Stammfäulen usw. nicht wirtschaftlich zu nutzen und sie als Biotopbäume zu markieren. Wo Biotopbäume nicht in genügender Anzahl vorhanden sind, sollten alle Bäume mit Ansätzen zu Sonderstrukturen belassen werden. In gewissen Fällen könnte die Anzahl Biotopbäume durch künstliche Verletzung erhöht werden. In den Schweizer Wäldern sind Bäume mit Sonderstrukturen (im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar als Schaden betrachtet) nicht selten. In den Alpen erreicht die Anzahl der potenziellen Biotopbäume pro Hektar das Doppelte des Mittellandes (Tabelle 3). Biotopbäume sind also eigentlich in stattlicher Zahl vorhanden. Sie müssen aber noch als solche erkannt und gezielt erhalten werden. Damit wird ihre Kontinuität gewährleistet. Da die Vielfalt der Sonderstrukturen auch eine Rolle spielt, sollte auch die Qualität der Sonderstrukturen pro Waldfläche analysiert werden.

## 2.5 Methusalems (Baumveteranen, Totholzanzwärtter)

Methusalems sind aus der Nutzung genommene Bäume ab einem Brusthöhendurchmesser von 40 cm, die meist eine gewisse Vitalitätsschwäche oder aufgrund des Wuchsverhaltens eine geringe Holzqualität aufweisen. Sie gehören zu den Biotopbäumen.

Methusalems sind wichtige Strukturen für die Förderung von Alt- und Totholzspezialisten. Innerhalb der bewirtschafteten Fläche lässt sich eine kontinuierliche Bereitstellung von Altholz über ein Belassen von künftigen Methusalems bei der Endnutzung realisieren. WINTER *et al.* (2003) empfehlen, durchschnittlich fünf bis sieben Methusalems pro Hektare auszuwählen und dauerhaft zu markieren.

Dieses Konzept zur Altholzförderung wird z.B. in Mecklenburg-Vorpommern (Deutschland) bereits angewendet. Die Bäume werden aus ökologischen Motiven und Sicherheitsgründen bevorzugt in Gruppen stehen gelassen. Da die Bäume auf die Freistandsituation vorbereitet werden müssen, soll die Auswahl 30 bis 40 Jahre vor der Endnutzung des betreffenden Bestandes erfolgen. Eine dauerhafte Markierung im Feld ist daher unerlässlich (z.B. mit einem X-Reisserzeichen). Solche Bäume sollten in der forstbetrieblichen Planung eingetragen werden. Falls dies nicht gemacht wird, ist die Fortdauer der Methusalems, z.B. bei Personalwechsel, nicht gewährleistet. In Erholungswäldern sollte die Entwicklung vitaler eindrucksvoller Methusalems im Spazier- und Sichtbereich aus didaktischen Gründen in die Waldgestaltung mit einbezogen werden.

<sup>2</sup> Mulm: verfaultes, getrocknetes und zu Pulver zerfallenes Holz.

Die räumliche Verteilung der rechnerisch fünf bis sieben Methusalems pro Hektare kann aufgrund der Verzahnung von natürlichen Wuchsprozessen und der angewandten Nutzungsstrategien nicht überall genau eingehalten werden. Um aber trotzdem auch für wenig mobile Insekten eine ausreichende Biotopvernetzung von vitalitätsschwachen Bäumen zu gewährleisten, ist eine Betrachtungseinheit von zehn Hektaren notwendig, auf denen sich dann insgesamt 50 bis 70 Totholzanzwarter verteilen. WINTER *et al.* (2003) definierten eine Beurteilungsskala für den Erhaltungszustand eines Buchenwirtschaftswaldes. Mehr als fünf Methusalems pro Hektare stellen einen sehr guten, fünf einen guten, vier einen mittleren und weniger als vier einen schlechten Erhaltungszustand dar.

Eine neuere Erscheinung sind die Friedhofswälder, von denen es zurzeit in der Schweiz über 60 gibt (BUWAL 2005). Menschen, die den Wald als ihre letzte Ruhestätte wählen, erhalten die Garantie, dass «ihr» Baum für eine Dauer zwischen 30 und 100 Jahren geschützt wird. Diese Friedhofswälder stellen ein Potenzial für alte Bäume dar. Ökologisch gesehen sind sie unbedenklich und finanziell für den Waldeigentümer interessant (750 bis 1500 Franken pro Beerdigung).

## 2.6 Vernetzung

Unter Berücksichtigung der geringen Mobilität vieler gefährdeter, von Alt- und Totholz abhängiger Arten ist ein System von Waldschutzgebieten (Reservate, Altholzinseln usw.) allein nicht ausreichend. Eine zu starke Verinselung der Reliktpopulationen würde die Reservatsmassnahmen wirkungslos machen. Um den Erhalt aller Arten zu sichern, müssen die Alt- und Totholzstrukturen möglichst vernetzt werden. Insgesamt weisen die Waldflächen der Schweiz eine hohe Vernetzung und relativ wenig Unterbrüche auf (BUWAL 2004b). Eine Ausnahme ist der westliche Teil des Mittellandes (Romandie). Man kann also annehmen, dass im Allgemeinen die Wälder eine optimale Ausgangslage darstellen, indem sie eine vollständige und gut vernetzte Matrix für die Waldarten anbieten. Für die Auscheidung von Waldreservaten oder für andere flächendeckende Massnahmen zur Förderung von Alt- und Totholz sollten in erster Linie die Kerngebiete der ökologischen Netzwerke des Lebensraumes Wald in Betracht gezogen werden.

## 2.7 Technische Eingriffe

Es gibt Beispiele in Italien und Nordamerika, wo Totholz und Biotopbäume mittels technischer Eingriffe künstlich hergestellt werden (siehe dazu die entsprechende, gut illustrierte Literatur, z. B. ARCARI 2003). Lebende Bäume werden zum vorzeitigen Absterben gebracht oder es werden typische Merkmale von Altholz geschaffen. Zu den verwendeten Techniken gehören zum Beispiel:

- das Ringeln (Rinde ringförmig im unteren Stammbereich durchtrennen, um den Saftstrom zu unterbrechen);

- der Einsatz von Sprengstoff für das Abbrechen oder Aufreissen von Bäumen;
- das Umlegen von Bäumen mit Traktor und Seilwinde;
- das Abbrechen von Bäumen auf halber Höhe mit Seilwinde;
- das Einsägen von Schlitzten, Höhlen usw.

Solche Mittel sind höchstens in Ausnahmefällen angebracht. In einem Life-Projekt in Italien ging es darum, standortfremde, konkurrenzstarke Baumarten durch heimische zu ersetzen (ARCARI 2003). Durch das künstliche Absterben lassen konnten die auszumerzenden Bäume daran gehindert werden, weiterhin Samen zu produzieren, und als tote Bäume waren sie durchaus geeignet zur Erfüllung ökologischer Funktionen für Totholzbewohner.

Als besondere Förderungsmassnahme für den Alpenbock (*Rosalia alpina*) empfehlen die Forschungsanstalt WSL und Pro Natura das Aufstellen von etwa zwei Meter langen, mindestens 25 cm dicken Buchenstämmen an gut besonnten Orten neben Buchen-Brennholzbeigen mit gesichertem oder vermutetem Alpenbock-Vorkommen (DUELLI & WERMELINGER 2005). Darauf können die Weibchen einen Teil ihrer Eier ablegen, und die Larven werden später nicht mit dem Brennholz verbrannt. Vor dem Schlüpfen der Käfer (dritter Sommer) sollten die Stämme an eine Stelle ohne Brennholzbeige gebracht werden, um zu verhindern, dass die künftigen Weibchen ihre Eier wieder im Brennholz ablegen. Solche Vorkehrungen sind aber nur als Notfallmassnahme zu betrachten, um Habitatsengpässe zu überstehen. Langfristig sollte die Förderung des Alpenbocks in seinem Habitat geschehen: Buchen-(Ur)wälder mit viel Alt- und Totholz.

## 3. Verbesserung der Rahmenbedingungen

Nebst den direkten, im Wald auszuführenden Massnahmen gibt es auch eine ganze Reihe von Vorkehrungen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen, die indirekt zur Förderung von Alt- und Totholzspezialisten beitragen. Folgende Bereiche können die Akzeptanz von Alt- und Totholz beeinflussen:

- die Aus- und Weiterbildung von Waldverantwortlichen: den Themen Alt- und Totholz vermehrte Aufmerksamkeit schenken;
- die Information der Bevölkerung: Informationsdefizite ausmerzen;
- Sicherheit und Haftbarkeit bei Unfällen: Ausmerzen des Widerspruchs zwischen der Rechtslage (in gewissen Fällen Haftbarkeit des Forstdienstes oder des Waldeigentümers bei Unfällen) und der staatlichen Forderung nach mehr Alt- und Totholz (vom Bund subventioniert);
- Monitoring: das Fehlen von Kenntnissen ist der Umsetzung und Wirksamkeit von Massnahmen zur Förderung von Alt- und Totholz hinderlich.

**Tabelle 3: Anzahl potenzieller Biotopbäume pro Probefläche in den Produktionsregionen, basierend auf der Schadenart (zweites Schweizerisches Landesforstinventar).**

Summe der bedeutenden Schäden: freigelegte Holzkörper (> 4 Hände), Riss (> 1 m), Schaftbruch (> 1/2 Krone), Stammbruch, abgestorbener Kronenteil (> 50 % der Krone), absterbender Baum, Gipfeldürre, Harzfluss, Pilz, Spechtlöcher, Hauptast weg.

Produktionsregion	Total Anzahl Bäume mit bedeutenden Schäden	Anzahl Biotopbäume pro Probefläche	Anzahl Biotopbäume pro ha ± SE
Jura	805	0,73	30,7 ± 1,6
Mittelland	910	0,70	26,8 ± 1,3
Voralpen	1358	1,12	47,0 ± 2,1
Alpen	2559	1,27	52,3 ± 1,7
Südalpen	886	1,15	50,8 ± 2,9

### 3.1 Bildung

BÜTLER *et al.* (2005) zeigten durch eine multivariate Analyse der Daten des zweiten Landesforstinventars, dass 70 bis 80 % der Varianz des Totholzvolumens pro Flächeneinheit trotz der grossen Anzahl der erklärenden Variablen unerklärt bleiben. Ihre Vermutung war, dass ein beachtlicher Teil dieser unerklärten Varianz im Einfluss des Forstpersonals zu suchen ist, der kaum gemessen werden kann. Dieser Einfluss ist sehr gross, indem das Forstpersonal von Fall zu Fall entscheidet, ob Totholz oder alte Bäume entfernt werden. Bereits in einer vorgängigen Studie war gezeigt worden, dass es notwendig ist, in der Aus- und Weiterbildung der Akteure (Ingenieure, Revierförster, Forstwarte) mehr Gewicht auf ökologische Zusammenhänge zu legen (BÜTLER *et al.* 2004a). Die in jener Untersuchung befragten Forstleute sagten, dass ihre Ausbildung nur sehr wenig über die ökologische Bedeutung von Alt- und Totholz vermittelt hatte. Diejenigen Befragten, die ihren Informationsstand als gut bezeichneten, hatten durch persönliche Lektüre aus eigener Initiative die nötigen Kenntnisse nach der Ausbildung erworben.

Die Sensibilisierung der Forstleute ist ein ausschlaggebender Faktor für die Förderung der Alt- und Totholzspezialisten. Eine vermehrt ökologische Ausrichtung der Aus- und Weiterbildung der Forstakteure wird mittelfristig zu geeigneten ökologischen «Reflexen» führen. Konkret wäre es zum Beispiel sinnvoll:

- einen Kurs zum Thema Alt- und Totholz mit geeigneter Dokumentation auszuarbeiten und diesen Kurs in die obligatorischen Lehrgänge (Zollikofen, Lyss, Maienfeld) einzubauen;
- mindestens ein Marteloskop<sup>3</sup> (BRUCIAMACCHIE 2005) nach dem Beispiel des Office National des Forêts in Frankreich in der Schweiz einzurichten und Sensibilisierungstage im Marteloskop sowie Weiterbildungsveranstaltungen zum Thema Alt- und Totholz mit dem gleichen Inhalt wie im obligatorischen Kurs durchzuführen.

### 3.2 Information

Die Begriffe Alt- und Totholz und deren ökologische Funktionen sind auch in der Bevölkerung noch weitgehend unbekannt. Totholz wird immer noch oft als Unordnung, Verschwendung oder Gefahr (Borkenkäfer, Unfallrisiko) betrachtet. Die Verbesserung des Informationsstandes der Bevölkerung sollte gleichzeitig mit der Bildung der Forstleute stattfinden, um einem Ungleichgewicht des Kenntnisstandes und um Missverständnissen vorzubeugen. Es wäre sinnvoll, schweizweite Info-Kampagnen durch die Medien, Schulen (alle Stufen) und durch permanente didaktische Pfade zu führen.

### 3.3 Sicherheit und Haftbarkeit

Trotz all ihrer Vorteile können Alt- und Totholz auch potenzielle Gefahren in sich bergen. Obwohl diese im Vergleich mit anderen Risiken (z.B. Freizeitsport, Strassenverkehr) als gering betrachtet werden können, müssen die nötigen Vorsichtsmassnahmen in der Nähe von Strassen und anderen öffentlichen Infrastrukturen ergriffen werden. Besonders exponiert sind Waldarbeiter. Deswegen sollten Alt- und Totbäume in Wirtschaftswäldern eher als Gruppen in Form von Alt- und Totholzzinseln statt als allein stehende Bäume ausgeschieden werden.

Der Widerspruch zwischen der Rechtslage (in gewissen Fällen Haftbarkeit des Forstdienstes oder des Waldeigentümers bei Unfällen) und der staatlichen Forderung nach mehr Alt- und Totholz (vom Bund subventioniert) muss ausgemerzt werden. Eine Möglichkeit wäre zum Beispiel, dass klare Bedin-

gungen im Waldgesetz formuliert werden. In Zukunft sollte wohl die Eigenverantwortlichkeit des Waldbenutzers erhöht werden, indem die Bedeutungen und Gefahren von Alt- und Totholz der Gesellschaft vermittelt werden. Diese muss (wieder) lernen, dass Alt- und Totholz auch zum Wald gehören und gewisse Risiken in sich bergen.

### 3.4 Monitoring

Monitoring kann verstanden werden als Dauerbeobachtung der natürlichen Entwicklung des Waldes und seiner Flora und Fauna anhand von geeigneten Indikatoren. Im engeren Sinn kann Monitoring auch als Erfolgskontrolle aufgefasst werden, um die Auswirkungen einer Massnahme festzustellen. Die Einrichtung von Waldreservaten, Altholzzinseln usw. hat nur dann wirklich einen Sinn, wenn damit gewisse Ziele erreicht werden. Eine Erfolgskontrolle scheint daher unerlässlich, um beispielsweise zu prüfen, ob die saproxylophilen Arten tatsächlich von solchen Massnahmen profitieren. Das Erstellen eines Netzes von Altholzzinseln und Waldreservaten sollte auch als Labor für die Erarbeitung von fehlenden wissenschaftlichen Erkenntnissen der Ökosystemforschung dienen.

## 4. Zielkonflikte und mögliche Lösungsansätze

Die multifunktionale Waldbewirtschaftung muss definitionsgemäss vielen Zielen gerecht werden, um die Erfüllung aller ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen zu gewährleisten. Gewisse Zielkonflikte und Bedenken sind zuweilen der Grund, warum eine Anreicherung von Alt- und Totholz in manchen Situationen unerwünscht ist. *Tabelle 4* gibt einen Überblick über mögliche Bedenken sowie einige Lösungsansätze zur Bewältigung von Konfliktsituationen.

### 4.1 Phytosanitäre Risiken

In Laubbeständen ist das Risiko für phytosanitäre Probleme durch Totholz gering. Die Fichte (Rottanne, *Picea abies* (L.) H. Karst.) ist praktisch die einzige Baumart, bei der wegen der Gefahr von Buchdrucker (*Ips typographus*)-Massenvermehrungen eine gewisse Vorsicht bei der Totholzförderung am Platz ist. In Tannengebieten gilt dies auch für die Weisstanne (*Abies alba* Mill.) und den Weisstannenborkenkäfer (*Pityogenes* sp.). Es muss aber betont werden, dass diese Käfer sich in mehr als einjährigem Totholz meist nicht mehr entwickeln können, da die Rinde bereits zu trocken ist. Abgestorbene Bäume mit bereits abfallender Rinde können ohne Risiko im Bestand verbleiben. Sie sind kein geeignetes Brutmaterial mehr für Borkenkäfer. Die massenhafte Vermehrung (Gradation) von Borkenkäfern z.B. nach grossen Sturmereignissen kann nie ganz verhindert werden. Hingegen ist es in vielen Situationen möglich, einer

<sup>3</sup> Marteloskop: eine simulierte Hiebsauszeichnung. Dieses Aus- und Weiterbildungsinstrument besteht aus einer Parzelle, wo alle Bäume beschrieben, nummeriert und kartografiert sind. Die Kursteilnehmenden führen in dieser Parzelle gedanklich einen Hieb oder eine Durchforstung aus und protokollieren ihren Eingriff. Am Schluss erhalten sie die computersimulierten Resultate des Eingriffs: die Auswirkung auf das im Bestand verbleibende Volumen, den ökonomischen sowie ökologischen Wert der verbleibenden respektive geschlagenen Bäume usw. Diese Übung wird gleichzeitig durch mehrere Förster durchgeführt, um am Ende die verschiedenen Hiebe vergleichen und kritisch diskutieren zu können. Das Ziel ist, das Försterauge für ökologische Anliegen zu schulen. <http://www.onf.fr/doc/pdf/2004RDD-gouvern.pdf>, 8. Dezember 2005.

**Tabelle 4: Zielkonflikte und Bedenken, die einer Anhäufung von Alt- und Totholz gegenüberstehen, sowie mögliche Lösungsansätze zur Bewältigung von Konfliktsituationen.**

Zielkonflikt, Bedenken	Mögliche Lösungen
Phytosanitäre Risiken, Angst vor Borkenkäfern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufklärung: &gt;1-jähriges Totholz meist zu trocken für den Borkenkäfer!</li> <li>• Bei grossen Windwürfen Empfehlungen des PBMD<sup>1</sup> befolgen</li> <li>• Effiziente präventive Massnahme zur Belassung des Baumes im Bestand als liegendes Totholz: Baum nicht entrinden, mit Motorsäge Schnitte in Stamm sägen → schnelle Austrocknung (siehe FREHNER <i>et al.</i> 2005)</li> </ul>
Gefährdung durch herabfallendes Totholz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitssicherheit: Alt- und Totholz in Gruppen statt einzeln; klare Arbeitsanweisungen und besondere Umsicht</li> <li>• Entlang von Verkehrsachsen und vielbegangenen Wegen, bei Park- und Picknickplätzen Dürrständer fällen und liegen lassen</li> <li>• Massnahmen zur Besucherlenkung im Waldesinnern und in Naturwaldreservaten</li> <li>• Sensibilisierung: Alt- und Totholz gehört zum Wald → Eigenverantwortung der Waldbesucher fördern</li> <li>• Didaktische Hinweise bei Feuerstellen und Picknickplätzen: auf die Gefahren aufmerksam machen und ökologische Rolle von Alt- und Totholz erklären</li> </ul>
Brandgefahr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikogebiete: Laubwaldgürtel Alpensüdseite, Zentralalpen und ausgesprochene Föhntäler in südwest- bis südostexponierten Lagen in der Nähe von potentiellen Zündquellen (menschliche Aktivitäten)</li> <li>• Liegendes Totholz nur entfernen, wenn: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Helikopterentfernung zum nächsten Wasserreservoir mehr als 5–8 Flugminuten;</li> <li>– Keine Leitungen/Rohre an Ort;</li> <li>– Entfernung von Strassen und Wegen grösser als 200 m;</li> <li>– Feuer in den letzten 30 Jahren aufgetreten;</li> <li>– Information der Bevölkerung schlecht;</li> <li>– Entasten des Holzes, so dass es auf dem Boden aufliegt, nicht möglich ist.</li> </ul> </li> </ul>
Rutschgefahr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikofaktoren: grosse Hangneigung und Schneewirkung, stark aufgearbeitetes Holz (Entastung, Entrindung)</li> <li>• In Lawinenzügen liegendes Totholz entfernen, falls grosses Schadenpotential</li> <li>• Positive Wirkung des Totholzes (Strünke, Wurzelteiler usw.) ausnützen zur Erhöhung der Oberflächenrauigkeit → Verhindern von Schneebewegungen, Steinschlagschutz</li> </ul>
Verklausung, Überschwemmungsgefahr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive Wirkung des Totholzes (Stämme grösser als Flussbett) ausnützen. Liegendes Totholz im Einflussbereich des Hochwasserprofils entfernen, falls es mitgerissen werden kann und Schäden verursachen würde.</li> </ul>
Holzernteverlust	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringwertige Bestandesteile oder Baumgruppen auswählen</li> <li>• Qualitativ schlechte Bäume als Totholzanwärter auswählen: mit Kronen- oder Astbrüchen, Astwunden, Frostrissen, Blitz- oder Fällungsschäden, Drehwuchs, Zwiesel usw.</li> <li>• Aufwand für Holzernte verringern durch Belassen von Totholz in Schutzwäldern (siehe FREHNER <i>et al.</i> 2005)</li> </ul>
Erschwerung von Folgeeingriffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturverjüngung statt Pflanzungen</li> <li>• Altholz in Gruppen ohne Nutzung bis zum Zerfall</li> <li>• Positive Auswirkungen ausnützen (höhere Humusvorräte und bessere Standorteigenschaften nach Totholzzersetzung)</li> </ul>
Unordnung, Verschwendung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung: Alt- und Totholz gehört zum Wald. Wald hat nebst der ökonomischen Funktion auch ökologische und soziale Funktionen sowie Schutzfunktionen</li> </ul>

<sup>1</sup> PBMD: Phytosanitärer Beobachtungs- und Meldedienst der WSL.

örtlichen Massenvermehrung zuvorzukommen oder sie zu einem schnelleren Abklingen zu bringen. Der Phytosanitäre Beobachtungs- und Meldedienst (PBMD)<sup>4</sup> der WSL informiert auf seiner Internetseite zu dieser Problematik.

FREHNER *et al.* (2005) präsentieren eine vorbeugende phytosanitäre Massnahme, die bei liegendem Holz angewendet wird, z. B. nach Sturmschäden oder wenn frisches Holz in Rinde zu Verbauungszwecken oder zur Moderholzverjüngung im Bestand belassen wird. Mit der Motorsäge werden Schnitte in den Baumstamm gemacht, deren Abstände kleiner sein sollen als das Brutbild der Buchdrucker (rund 15 cm). So trocknet die Rinde schnell aus, die sich entwickelnden Larven haben zu wenig Platz zum Fressen und können sich nicht zu Käfern entwickeln. Das Holz muss im Gegensatz zu anderen Methoden also nicht vollständig entastet werden. In der subalpinen Stufe kann an schattigen Stellen bereits nach etwa fünfzehn Jahren mit erfolgreicher Ansamung gerechnet werden, da das Holz in den Schnitten etwas schneller vermodert als daneben.

## 4.2 Gefährdung durch herabfallendes Totholz

Alt- und Totholz sind ein fester Bestandteil unserer Wälder. Jedoch bergen sie gewisse Unfallgefahren in sich. Waldarbei-

ter und andere Waldbenutzer sollten auf diese Gefahren aufmerksam gemacht werden und lernen, bestmöglich damit umzugehen. Für die Arbeitssicherheit, aber auch aus ökologischen Gründen, ist es besser, Biotopbäume, stehendes Totholz und Methusalern in Gruppen und nicht gleichmässig über die gesamte Fläche zu verteilen. Dadurch wird der Gefahrenbereich verringert und das Uraltwerden der Bäume im Schutz der Gruppe verbessert. Die typischen Gefahren von Totholz – wie kaum vorhersehbare Fallrichtung oder herabbrechende Äste – ergeben sich stets aus der Situation vor Ort. Besondere Umsicht und Vorsicht bei der Waldarbeit sowie eine klare Arbeitsanweisung in den entsprechenden Waldbeständen können helfen, gefährliche Situationen zu vermeiden oder Risiken zu verringern. Entlang von Verkehrsachsen, viel begangenen Wegen und Waldteilen, wo Besucher durch entsprechende Infrastrukturen speziell zum Verweilen eingeladen werden (z. B. Parkplätze, Picknickplätze usw.), sollen Dürrständer aus Sicherheitsgründen eher gefällt und liegen gelassen werden. Didaktische Hinweistafeln können aber auch helfen, gezielt auf die Gefahr aufmerksam zu machen

<sup>4</sup> <http://www.wsl.ch/forest/wus/pbmd/>, 8. Dezember 2005.

und zugleich die ökologische Rolle von Alt- und Totholz zu vermitteln. Innerhalb des Waldes oder in Naturwaldreservaten können wenn nötig Massnahmen zur Besucherlenkung (z. B. entbehrliche Wege stilllegen) ergriffen werden.

### 4.3 Brandgefahr

Die Wahrscheinlichkeit von Waldbränden ist auf der Alpensüdseite, in den Zentralalpen und in den ausgesprochenen Föhntälern bedeutend höher als in den übrigen Gebieten der Schweiz. Flächenmässig finden etwa 90 % der Schweizer Waldbrände im Laubwaldgürtel der Alpensüdseite statt. Vom Brand werden hier besonders die südwest- bis südostexponierten Standorte heimgesucht, die in der Nähe von potenziellen Zündquellen (menschliche Aktivitäten) liegen und wo die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) noch einen beträchtlichen Anteil am Bestand bildet. Liegendes Totholz auf trockenen Waldstandorten kann die Schadwirkung im Falle eines Waldbrandes erhöhen. Es kann dazu beitragen, dass sich lokal aus einem Lauffeuer ein Erdfeuer entwickelt. Die Brenntemperaturen erreichen höhere Spitzenwerte und bleiben länger hoch. Erdfeuer können aber durch das Entfernen des liegenden Holzes nicht grundsätzlich verhindert werden, da immer noch Baumstrünke und Humus als Brennmaterial vorhanden sind. FREHNER *et al.* (2005) empfehlen, liegendes Holz nur dann zu entfernen, wenn alle folgenden Elemente gegeben sind:

- Helikopterentfernung zum nächsten Wasserreservoir mehr als fünf bis acht Flugminuten;
- Keine Wasserleitungen/Rohre vor Ort;
- Entfernung von Strassen und Wegen grösser als 200 m;
- Feuer in den letzten 30 Jahren aufgetreten;
- Information der Bevölkerung schlecht;
- Entasten des Holzes, so dass es auf dem Boden aufliegt, ist nicht möglich.

### 4.4 Rutschgefahr

Die Rutsch- oder Sturzgefahr von liegendem Totholz nimmt mit zunehmender Hangneigung, Aufarbeitung des Holzes (Entasten und Entrinden) und Schneewirkung zu. In Lawinzügen ist liegendes Holz ungünstig, da es durch die Lawine mitgerissen werden kann. Totholz kann sich hingegen positiv auf mögliche Schneerutsch- und Steinschlagrisiken auswirken. Gemäss FREHNER *et al.* (2005) ist liegendes Holz für das Verhindern von Schneebewegungen bei gewissen Standortstypen wichtig oder gar notwendig (siehe dazu FREHNER *et al.* 2005, Anhang 7: Verwendung von Holz an Ort und Stelle). Vor allem an steilen Südhängen können starke Schneebewegungen auftreten, so dass ein gezieltes Deponieren von Stämmen als Schutz vor Schneebewegung notwendig ist. Die Oberflächenrauigkeit (z. B. hohe Stöcke, liegendes Totholz, Wurzelteller) in Lücken sowie am Rande von Lawinzügen reduziert die Wahrscheinlichkeit von Lawinanrissen. Auf ungeräumten Windwurfflächen ist das Holz ein sehr effizienter Schutz gegen Steinschlag. Umgefallene Wurzelteller, hohe Stöcke und liegende Stämme verstärken die Oberflächenrauigkeit und bremsen oder stoppen Steine.

### 4.5 Verklauung und Überschwemmungsgefahr

Liegen gelassenes Holz stellt in Rutschgebieten dann ein Problem dar, wenn das Holz in den Einflussbereich eines Wildbachgerinnes gelangen kann, wo es zu Verklauungen oder zu Schwemmholz in Murgängen kommen könnte. Baumstämme, die sich im Einflussbereich des Hochwasserprofils befinden, können durch ein Hochwasser oder einen Murgang

mitgerissen werden. An verengten Stellen (Felsvorsprünge, Bachbiegungen, Brückendurchlässe) kann es dann zu Verklauungen kommen. Verklauungen sind äusserst gefährlich, da sich hinter ihnen oft Geschiebe ansammelt, das später in Form eines Murgangs mobilisiert werden kann. Bei einem Hochwasser kann es an einer Verklauungsstelle zu einem Gerinneausbruch und anschliessender Überschwemmung kommen. Obwohl dieses Phänomen vielfach erwähnt wird, hat es oft nur lokale Wirkungen, da das Volumen des Murgangs im Verhältnis zum Hochwasser meist klein ist. Falls die Holzstücke grösser als das Bachbett sind, werden sie kaum transportiert. Sie fördern die Sedimentation und verlangsamen die Flutwelle (BOYER 1998). Liegendes Holz im Einflussbereich des Hochwasserprofils soll deshalb nur entfernt werden, wenn dies zwingend nötig ist. Den unerwünschten Wirkungen von Totholz im Bereich der Gerinne steht auch der positive Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt im Einzugsgebiet gegenüber.

### 4.6 Holzernteverlust

In gut erschlossenen Wäldern (wo Totholz häufig Mangelware ist) kann sich die Nutzung von noch festem Totholz, z. B. als Energieholz, rein ökonomisch lohnen. Bei steigenden Ölpreisen dürfte der Nutzungsdruck zunehmen. Es gibt aber immer wieder Bestände, Bestandesteile, Baumgruppen und Einzelbäume, die geringwertig sind und deren Nutzung betriebswirtschaftlich wenig Gewinn bringend oder gar unrentabel ist. Selbst in gut gepflegten Beständen sind zwangsläufig Bäume mit Kronen- und Astbrüchen, Astwunden, Faulstellen an Zwieseln, Fallschäden, Frostrissen, Blitzschäden oder Drehwuchs zu finden. Häufig haben gerade diese Bäume keinen Einfluss auf die Weiterentwicklung des Zielbestandes mehr und können deshalb unbedenklich im Bestand verbleiben. Werden in erster Linie qualitativ schlechte Bäume mit geringem Holzwert als Biotoppbäume oder Totholzanwärter gewählt, ist die finanzielle Einbusse gering. Die Präsenz eines toten Baumes behindert die Verjüngung nicht. In Wäldern mit Schutzfunktion kann das Belassen von liegendem Totholz manchmal die Kosten für die Holzernte verringern (siehe dazu den Bericht zu Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald; FREHNER *et al.* 2005).

### 4.7 Erschwerung von Folgeeingriffen

Manche Förster geben zu bedenken, dass liegendes Totholz ein Hindernis für die Verjüngung mittels Aufforstung ist und dass es die Arbeiten bei der Jungwaldpflege erschwert. Vor allem naturverjüngte Folgebestände auf ungeräumten Sturm-schadenflächen oder auf Abtriebsflächen ohne Schlagräumung sind schwierig zu begehen. Da für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung im Prinzip Naturverjüngung empfohlen wird, soll Totholz in den meisten Fällen jedoch nicht als Hindernis, sondern als Chance bewertet werden. Seine Rolle zur Förderung der Naturverjüngung (z. B. Moderverjüngung im Gebirge) ist wissenschaftlich belegt (EICHRODT 1969, TAKAHASHI *et al.* 2000, BRANG *et al.* 2003). Die Fichte ist eine Baumart, bei welcher der Erfolg der Ansamung auf Moderholz deutlich besser ist als daneben. Nach der Zersetzung alter Totholzstämme führt dies zu mächtigeren Humusaufgaben und damit zu besseren Standorteigenschaften. Ähnliches trifft auch auf die Verjüngung von Eiche (*Quercus sp.*), Buche und Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) auf toten Laubholzstämmen zu.

Auch sehen gewisse Förster in liegendem Totholz eine Behinderung für die Holzurückarbeiten. Liegende tote Bäume müssen allenfalls aus der Rückegasse entfernt werden. Wenn Altholz jedoch gruppenweise in Beständen gelassen und bis

zum Zerfall nicht genutzt wird, so müssen in diesen Bestandesteilen gar keine Rückarbeiten ausgeführt werden.

## 4.8 Unordnung und Verschwendung

In manchen Erholungsgebieten wird Totholz bisweilen als störende Unordnung empfunden, und die Wälder werden deshalb entsprechend gesäubert. Gewisse Leute beurteilen unter Umständen das vermehrte Belassen von Totholz als Verschwendung von Ressourcen. Totes Holz gehört als Strukturelement zum Erscheinungsbild mitteleuropäischer Wälder. Durch frühere Lese- und Brennholznutzung waren wir an dieses Bild bis vor kurzem jedoch nicht mehr gewöhnt. Durch gezielte Information muss der Bevölkerung die Rolle von Alt- und Totholz für die Artenvielfalt besser vermittelt werden. Die Gesellschaft muss (wieder) lernen, dass Alt- und Totholz auch zum Wald gehören.

## 5. Offene Fragen

Die Alt- und Totholzwissenschaft (Deadwoodology, GROVE 2002) ist eine relativ junge Wissenschaft. Der Begriff «saproxytisch» wurde erstmals von Dajoz (1966) in Frankreich gebraucht. Er wurde seit den Publikationen von HARDING & ROSE (1986) und SPEIGHT (1989) immer öfter verwendet. Da es sich um eine junge Wissenschaft handelt, sind noch viele Forschungsfragen unbeantwortet. Mangelnde Kenntnisse können aber der Umsetzung und Wirksamkeit von Massnahmen zur Förderung von Alt- und Totholz hinderlich sein. Deshalb ist es notwendig, gezielte Forschungsprojekte für die Beantwortung von offenen Fragen zu starten. Ohne solide wissenschaftliche Grundlagen können beispielsweise die Ziele des Waldprogramms (BUWAL 2004 a) bezüglich Biodiversität kaum erreicht werden. Die Ergebnisse der Forschung sollten direkt als Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder anwendbar sein. Vier Beispiele von offenen Fragen seien nachfolgend aufgeführt:

### 1. Was und wie soll gemessen werden?

Es fehlen heute beispielsweise noch standardisierte Instrumente und Methoden, um Alt- und Totholz und die damit verbundene Vielfalt zu studieren. Im Hinblick auf ein effizientes Monitoring von Förderungsmassnahmen ist es einerseits nötig, einfache und schnelle Methoden zur Alt- und Totholzquantifizierung zu erarbeiten, die dem Forstpersonal in der täglichen Praxis dienen. Andererseits müssen auch international standardisierte Methoden für das wissenschaftliche Monitoring von Pilotflächen konzipiert werden, die länderübergreifende Vergleiche zulassen.

### 2. Wie viel Alt- und Totholz ist nötig?

Es ist noch weitgehend unbekannt, wie viel Totholz für verschiedene Organismengruppen langfristig nötig ist. Auch wissen wir nur wenig darüber, wie viel Totholz natürlicherweise in den verschiedenen Schweizer Waldgesellschaften, und dies je nach Entwicklungsstufe des Bestandes, vorkommt. Es ist deshalb nötig, die ökologischen Anforderungen von Alt- und Totholzarten in verschiedenen Waldgesellschaften zu quantifizieren, wie dies zum Beispiel für den Dreizehenspecht im subalpinen Fichtenwald versucht wurde (BÜTLER *et al.* 2004 b). Es wäre beispielsweise wichtig, die Anzahl Biotopbäume oder Methusalems in natürlichen Wäldern zu quantifizieren, um Richtwerte für bewirtschaftete Wälder abzuleiten. Gleichzeitig müssen die optimale Grösse und räumliche Verteilung von Alt- und Totholzinseln respektive Waldreservaten für Migration und Austausch von saproxytischen Arten studiert werden.

Es wurde für gewisse auf Totholz spezialisierte Insektenarten gezeigt, dass schon 200 Meter eine unüberwindbare Distanz sein können (RANIUS & HEDIN 2001). Für viele Arten allerdings ist kaum etwas über ihre Dispersionskapazitäten bekannt. In der stark fragmentierten Waldlandschaft der Schweiz müssen aber solche Aspekte in Betracht gezogen werden, wenn es um die Ausarbeitung von Managementkonzepten geht. Massnahmen wie «Naturwaldreservate», «Altholzinseln» oder «Totholzaneicherung in Wirtschaftswäldern» können nur dann ökologisch sinnvoll implementiert werden, wenn mehr Wissen über die Dispersion von Arten vorhanden ist.

### 3. Welches ist die langfristige Walddynamik?

Die Kenntnisse über die zeitliche Totholzdynamik, d. h. wie lange es zum Beispiel je nach Klima, Standort und Baumart dauert, bis ein toter Baum vermodert ist, sind in unseren Breitengraden sehr beschränkt. Parameter wie Zersetzungsgeschwindigkeit oder Mortalitätsrate sind jedoch wichtig für die Voraussage von Totholz mengen, die als Resultat verschiedener Managementformen nach einem bestimmten Zeitraum erwartet werden können. Der Bewirtschafter müsste wissen, wie viel Alt- und Totholz er heute belassen muss, damit in x Jahren die saproxytischen Arten immer noch günstige Habitatbedingungen vorfinden. Für die Beantwortung solcher Fragen braucht es Modellierungen und Langzeituntersuchungen. Ein langfristiges «Follow up» der dynamischen Waldentwicklung in Pilotprojekten unter Ausschluss jeglicher Bewirtschaftung würde auch wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung der Fauna und Flora sowie des gesamten Ökosystems liefern.

### 4. Welches sind die finanziellen Konsequenzen der Alt- und Totholzförderung?

Es gibt bisher nur wenige wissenschaftliche Arbeiten über den monetären Wert von Gütern ohne Marktwert, wie zum Beispiel die Artenvielfalt. Darum ist es praktisch unmöglich, die finanziellen Konsequenzen der Massnahmen zur Förderung des Alt- und Totholzes auf verschiedenen Massstäben (Eigentum, Forstrevier, Kanton, Bund) zu evaluieren. Es gibt Fälle, die zeigen, dass mit dem Verzicht auf das Entfernen von toten Bäumen Kosten eingespart werden konnten (PEYRON 2005); noch sind aber solche Beispiele zu wenig häufig, um verallgemeinert werden zu können. Es ist nötig, ökonomische Studien zum Thema Alt- und Totholzförderung und Arterhaltung zu starten, um abzuwägen, ob und in welchen Fällen finanzielle Abgeltungen durch öffentliche Mittel gerechtfertigt sind.

## 6. Schlussfolgerungen

Die verheerenden Waldschäden nach den Stürmen Vivian und Lothar (1990 und 1999), die schlechten Renditen der Waldwirtschaft und eine international zunehmende ökologische Wahrnehmung des Waldes haben in der Schweizer Waldpolitik neue Akzente gesetzt. Im neuen Waldprogramm der Schweiz gehört die Erhaltung der biologischen Vielfalt zu den Prioritäten. Gleichzeitig aber soll Holz als Rohstoff künftig an Bedeutung gewinnen. Eine intensivere Holznutzung sowie ein steigendes Interesse an Alt- und Totholz als Brennstoffe könnten diese für viele Organismen unerlässlichen Strukturen fortan sogar in Berggebieten wieder gefährden. Da Alt- und Totholz eine sehr reiche Flora und Fauna beherbergen (> 6000 Arten), bedroht ihr Mangel die biologische Vielfalt und beeinträchtigt viele der damit verbundenen ökologischen Prozesse (Biomasseabbau, Humusanreicherung, Nährstoffrecycling, Moderholzverjüngung usw.).

Die grössten Alt- und Totholzdefizite in der Schweiz befinden sich vorwiegend im Jura und im Mittelland. Diese Regi-



onen sind meistens mit hohem Förderungspotenzial für saproxyliche Arten verbunden. Hier sind dringend Massnahmen nötig zur Erhaltung oder Rettung von zahlreichen saproxylophilen Arten, welche in unseren Wäldern oft in suboptimalen Bedingungen überleben und teilweise vom Aussterben bedroht sind. Mittels einer nachhaltigen Waldwirtschaft, die der Artenvielfalt – gemäss den internationalen Verpflichtungen – einen wichtigen Stellenwert einräumt, muss vermehrt eine gewisse natürliche Dynamik in den Schweizer Wäldern zugelassen werden. Bäume müssen öfter die Gelegenheit haben, im Wald ihren natürlichen Alterstod zu sterben und vor Ort abgebaut zu werden. Eine passive Totholzanreicherung durch «weniger machen», indem natürlich entstandenes Totholz (z. B. aus Windwurf, Insektenbefall usw.) nicht entfernt wird, wäre geeignet, um innert weniger Jahre in allen Regionen ökologisch vertretbare Totholz mengen entstehen zu lassen.

Wertvolle Bäume müssen aber nicht zwingend alt oder tot sein. Die so genannten Biotopbäume können auch als relativ junge Bäume ähnliche Strukturen wie ältere zeigen (Baumhöhlen, Rindentaschen, tote Äste usw.). Was aber am meisten fehlt in den Schweizer Wäldern – vor allem des Mittellandes – sind die so genannten Methusalems oder Baumveteranen, also sehr alte Bäume, die der Nutzung entzogen bleiben, ihren Lebenszyklus vollständig durchlaufen und erst nach einigen Jahrhunderten natürlich absterben.

Neben verschiedenen direkten Massnahmen zur Förderung von Alt- und Totholz (Schaffen von Altholzinseln, Markieren und Erhalten von Totholzanwärttern usw.), müssen die Rahmenbedingungen verbessert werden. Alt- und Totholz wird in grossem Masse vom Forstpersonal beeinflusst. Dessen Aus- und Weiterbildung im Bereich Alt- und Totholzmanagement sind also Schlüsselemente eines erfolgreichen Förderungsprogramms. Gleichzeitig muss auch die Forschung einbezogen werden. Wegen des noch jungen Alters der Alt- und Totholzwissenschaften fehlen wichtige, wissenschaftlich belegte Erkenntnisse in den Bereichen der Ökologie (z. B. nötige Fläche für Altholzinseln und deren Verteilung in der Landschaft), der Ökonomie (z. B. Kosten-Nutzen-Analysen) und der Soziologie (z. B. Wahrnehmung in der Öffentlichkeit). Die neuen Projekte im Bereich des Alt- und Totholzes, die im Rahmen einer nationalen Förderungsstrategie entstehen sollten, sind eine einmalige Gelegenheit, die wissenschaftlichen Lücken zu füllen.

Ohne gezielte Förderung der Alt- und Totholzspezialisten kann nicht die gesamte Artenvielfalt im Wald erhalten werden. Mit der praxisgerechten und wirkungsvollen Umsetzung einer nationalen Alt- und Totholzstrategie könnten die ökologischen Bedingungen unserer Wälder wesentlich verbessert werden. Damit würde die Schweiz ihre Kompetenz in der nachhaltigen Waldbewirtschaftung auch international verstärken und somit in diesem Bereich weiterhin zu den führenden Ländern zählen.

## Zusammenfassung

Die Erhaltung der Artenvielfalt im Wald ist ein vorrangiges Ziel der Schweizer Waldpolitik. Viele saproxylophile Arten sind gefährdet mangels ausreichender Alt- und Totholzstrukturen in gewissen Regionen. Deshalb braucht es spezielle Massnahmen zur Förderung solcher Arten. In diesem Aufsatz werden verschiedene direkte Massnahmen beschrieben, z. B. Schaffen von Altholzinseln, Erhalten von Biotopbäumen, passive Totholzanreicherung, aber auch Massnahmen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen aufgeführt wie das Einbetten des Themas Alt- und Totholz und Biodiversität in die Aus- und Weiterbildung der Forstleute oder die Verbesserung der Information bei der Bevölkerung. In einem zweiten Teil werden

einige Zielkonflikte und mögliche Lösungsansätze vorgestellt. Der Aufsatz schliesst mit einer Serie offener Fragen im Zusammenhang mit dem Thema Alt- und Totholz.

## Résumé

### Favoriser les espèces saproxylophiles: mesures, conflits, questions ouvertes

La conservation de la diversité biologique est un objectif prioritaire de la politique forestière suisse. De nombreuses espèces saproxylophiles sont menacées suite au manque de vieux arbres et de bois mort en quantités suffisantes dans certaines régions. C'est pourquoi leur conservation nécessite des mesures particulières. Dans cet article nous décrivons plusieurs mesures de conservation, telles que la création d'îlots de vieux arbres, le maintien d'arbres à grande valeur écologique ou l'augmentation passive des quantités de bois mort. Nous abordons également des mesures d'amélioration des conditions cadres: l'insertion de la thématique vieux arbres, bois mort et biodiversité dans les formations de base et continue des gestionnaires forestiers ou l'information du grand public. Dans une deuxième partie l'article présente quelques conflits d'intérêt, ainsi que des solutions possibles. Il termine en évoquant une série de questions sans réponse en relation avec la thématique des vieux arbres et du bois mort.

## Summary

### Promoting saproxylic species: measures, conflicting aims and open questions

One of the main aims of Swiss forestry policy is the conservation of species diversity. In some regions many saproxylic species are nevertheless endangered owing to a dearth of sufficient old and dead wood structures. Consequently, special measures are called for to promote such species. The paper describes various direct measures, for example, the creation of old-growth islands, preservation of habitat trees and the passive accumulation of dead wood, but also lists measures to improve framework conditions such as embedding the themes of old and dead wood and biodiversity in foundation and further training courses for foresters or improving information aimed at the population as a whole. In the second part we present some conflicts concerning the aims together with possible solution approaches. The paper concludes with a series of open questions surrounding the theme of old and dead wood.

Translation: ANGELA RAST-MARGERISON

## Literatur

- ARCARI, G. (ed.) 2003: Techniques for re-establishment of dead wood for saproxylic fauna conservation. Life Nature project NAT/IT/99/6245 Bosco della Fontana, Mantova, Italy.
- BACHMANN, P. 2005: Forstliche Planung – heute und morgen. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 5: 137–141.
- BOYER, M. 1998: Guide technique n 1: La gestion des boisements de rivières. Fascicule 1: Dynamique et fonctions de la ripisylve. Bassin Rhone Méditerranée Corse.
- BRANG, P.; MORAN, J.; PUTTONEN, P.; VYSE, A. 2003: Regeneration of *Picea engelmannii* and *Abies lasiocarpa* in high-elevation forests of south-central British Columbia depends on nurse logs. Forestry Chronicle 79, 2: 273–279.
- BRASSEL, P.; BRÄNDLI, U.-B. (Hrsg.) 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995 Haupt, Bern.

- BRUCIAMACCHIE, M. 2005: Le marteloscope, un outil pour apprendre la gestion durable – Exemple d'évaluation de différents scénarios au marteloscope de Zittersheim (Vosges du Nord). In: Vallauri, D.; André, J.; Dodelin, B.; Eynard-Machet, R.; Rambaud, D. (éds.): Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes. Lavoisier, Londres, Paris, New York: 237–248.
- BUCKLAND, P.C.; DINNIN, M.H. 1993: Holocene woodlands, the fossil insect evidence. In: Kirby, K.J.; Drake, C.M. (eds.): Dead Wood Matters: The Ecology and Conservation of Saproxylic Invertebrates in Britain, Peterborough, UK: English Nat: 6–20.
- BÜTLER, R.; GORGERAT, V.; SCHLAEFFER, R. 2004a: Grundlagen für eine Alt- und Totholzstrategie für die Schweiz : Vorstudie. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal), Eidg. Forstdirektion. Laboratoire de Gestion des écosystèmes, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, November 2004.
- BÜTLER, R.; ANGELSTAM, P.; EKELUND, P.; SCHLAEFFER, R. 2004b: Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-alpine forest. *Biological Conservation* 119, 3: 305–318.
- BÜTLER, R.; LACHAT, T.; SCHLAEFFER, R. 2005: Grundlagen für eine Alt- und Totholzstrategie der Schweiz. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal). Laboratoire de Gestion des écosystèmes, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Oktober 2005. 100 S.
- BUWAL 2004 a: Waldprogramm Schweiz (WAP-CH): Handlungsprogramm 2004–2015. Schriftenreihe Umwelt Nr. 363. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 117 S.
- BUWAL 2004 b: Nationales ökologisches Netzwerk REN: Schlussbericht. Eine Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraum. Schriftenreihe Umwelt Nr. 3763. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 131 S.
- BUWAL 2005: Waldbericht 2005. Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 150 S.
- DAJOZ, R. 1966: Ecologie et biologie des coléoptères xylophages de la hêtraie. *Vie Milieu* 17: 525–636.
- DUELLI, P.; WERMELINGER, B. 2005: Der Alpenbock (*Rosalia alpina*): Ein seltener Bockkäfer als Flaggschiff-Art. Merkblatt für die Praxis 39. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- EICHRODT, R. 1969: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. ETH Zürich Diss. Nr. 4261, Beiheft Schweiz. Z. Forstwes. 45, 122 S.
- FREHNER, M.; WASSER, B.; SCHWITTER, R. 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 564 S.
- GEISER R. 1983: Rote Liste ausgewählter Familien xylobionter Käfer (*Coleoptera*) in Österreich. In: Gepp, J. (Hrsg.): Rote Listen Gefährdeter Tiere. Wien, Österreich, Österr. Bundesminist. Gesundh. Umweltschutz: 131–137.
- GROVE, S. 2002: Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33: 1–23.
- HARDING, P.T.; ROSE, F. 1986: Pasture-Woodland in Lowland Britain. Huntingdon, UK: Inst. Terr. Ecol. 89 S.
- JULLERAT, L.; VÖGELI, M. 2004: Gestion des vieux arbres et maintien des Coléoptères saproxyliques en zone urbaine et périurbaine. CSCF Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel.
- MARTIKAINEN, P.; SIITONEN, J.; PUNTTILA, P.; KAILA, L.; RAUH, J. 2000: Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biol. Cons.* 94: 199–209.
- PEYRON, J.-L. 2005: Evaluation économique de la conservation du bois mort. In: Vallauri, D.; André, J.; Dodelin, B.; Eynard-Machet, R.; Rambaud, D. (éds.): Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes. Lavoisier, Londres, Paris, New York: 211–220.
- RANIUS, T.; HEDIN, J. 2001. The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. *Oecologia* 126: 363–370.
- SPEIGHT, M.C.D. 1989: Saproxylic invertebrates and their conservation. Council of Europe, Strasbourg. 79 S.
- TAKAHASHI, M.; SAKAI, Y.; OOTOMO, R.; SHIOZAKI, M. 2000: Establishment of tree seedlings and water-soluble nutrients in coarse woody debris in an old-growth *Picea-Abies* forest in Hokkaido, northern Japan. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere* 30: 1148–1155.
- VIGNON, V. 2005: Le rôle des habitats de substitution (bocage, parcs, arbres d'alignement) pour la survie des espèces cavicoles et saproxyliques – Implications et synergie avec la conservation en milieu forestier. In: Vallauri, D.; André, J.; Dodelin, B.; Eynard-Machet, R.; Rambaud, D. (éds.): Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes. Lavoisier, Londres, Paris, New York: 293–300.
- WINTER, S.; FLADE, M.; SCHUMACHER, H.; MÖLLER, G. et al. 2003: Natur-schutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland. Sachbericht. Landesanstalt für Grossschutzgebiete Brandenburg und Bundesamt für Naturschutz, nicht publiziert.

#### Dank

Für hilfreiche Vorschläge zur Verbesserung des Manuskripts möchten wir Markus Bolliger, Leo Büttler, Jean Combe und Beat Forster herzlich danken.

#### Autorin und Autoren

Dr. RITA BÜTLER, WSL Antenne romande, case postale 96, 1015 Lausanne 15. E-Mail: rita.buetler@epfl.ch.

Dr. THIBAUT LACHAT, EPFL Laboratoire des systèmes écologiques. ECOS, Bâtiment GR, Station 2, 1015 Lausanne.

E-Mail: thibault.lachat@epfl.ch.

Prof. RODOLPHE SCHLAEFFER. EPF Lausanne, Institut des sciences et technologies de l'environnement, Station 2, 1015 Lausanne.