

# Saproxyliche Arten in der Schweiz: ökologisches Potenzial und Hotspots

RITA BÜTLER, THIBAUT LACHAT und RODOLPHE SCHLAEFFER

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

## 1. Einleitung

Bis etwa zur Römerzeit nahmen Alters- und Zerfallsphasen in mitteleuropäischen Urwäldern grosse Flächen ein, so dass sich grössere Mengen alten, absterbenden und toten Holzes anhäufen konnten. Diese Vielfalt der Alt- und Totholzhabitate liess im Laufe der Zeit eine reiche und teilweise auch hoch spezialisierte Fauna und Flora entstehen. Mindestens 20 % der Waldarten hängen von Alt- und Totholz ab (HARMON *et al.* 1986; SPEIGHT 1989; VALLAURI *et al.* 2003). Seit Jahrhunderten drängten jedoch Rodungen die Waldfläche Europas stetig zurück. Beispielsweise sind Deutschlands Buchenwälder auf etwa 8 % ihres ursprünglichen Areals zusammengeschrumpft (WINTER *et al.* 2003). Als Folge der jahrhundertelangen, teilweise intensiven Waldnutzung fehlen heute in Mitteleuropa alte, totholzreiche naturnahe Wälder weitgehend. Hoch spezialisierte saproxyliche Arten<sup>1</sup> leben deshalb oft in voneinander isolierten Populationen (SPEIGHT 1989). Auch die grossräumigen Nadelholzaufforstungen des 18. und 19. Jahrhunderts und insbesondere die radikale Entfernung von totem und absterbendem Holz während der beiden Weltkriege oder aus forsthygienischen Gründen wirkten sich sehr negativ auf die saproxyliche Artenvielfalt aus (SPEIGHT 1989; SCHIEGG 1998). Gemäss Speight sind zum Beispiel 40 % der europäischen saproxylichen Käferarten gefährdet, und 32 % der Totholzkäfer Baden-Württembergs stehen auf der Roten Liste<sup>2</sup>. In der Schweiz dürften die Verhältnisse ähnlich liegen. Genauere Auskünfte wird bald die Rote Liste der xylobionten Käfer der Schweiz geben, die zur Zeit erarbeitet wird.

Eine zunehmende Wahrnehmung dieser Probleme in verschiedenen Ländern Mitteleuropas (z. B. Deutschland, Frankreich, Österreich, Italien oder Polen) äusserte sich in den letzten Jahren durch eine Häufung praxisorientierter Publikationen und Kongresse zum Thema Alt- und Totholz (z. B. ARCARI 2003; BARKMEYER 2003; BOBIEC *et al.* 2005; ENCKE 2003; GILG 2004; HENDRISCHKE 2003; MASON *et al.* 2003; VALLAURI *et al.* 2005; UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR 2006). Da es in der Schweiz dank ihrer nachhaltigen Waldbewirtschaftung verhältnismässig viele naturnahe Wälder gibt, trägt sie für die Erhaltung der saproxylichen Artenvielfalt Mitteleuropas eine besondere Verantwortung und sollte ihre Förderungspotenziale deshalb erkennen und entsprechend nutzen.

Diese Tatsachen wurden auf umwelt- und walddpolitischer Ebene erkannt. Die Erhaltung der Biodiversität ist einerseits eine Priorität der Schweizer Waldpolitik geworden (BUWAL 2004). Andererseits ist Totholz seit 2003 auf paneuropäischer Ebene offiziell als Indikator für Biodiversität anerkannt (MCPFE 2003). Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Schweizer Wälder umfasst seither also auch das Beibehalten von genügend Alt- und Totholz für die Erhaltung der Artenvielfalt. Das Bundesamt für Umwelt (Bafu) hat sich deshalb das Ziel gesetzt, mit einer nationalen Strategie zusammen mit den Kantonen die Alt- und Totholzdefizite im Wald anzugehen. Mit diesem Aktionsplan zur Erhöhung der ökologischen Viel-

falt im Wald erfüllt die Schweiz auch ihre internationalen Verpflichtungen im Rahmen des Strassburg-Helsinki-Prozesses.

Das Laboratorium für Ökosystemmanagement der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne wurde vom früheren Buwal beauftragt, die wissenschaftlichen Grundlagen für diese Alt- und Totholzstrategie auszuarbeiten. Der vorliegende Aufsatz stellt in summarischer Form die Grundlagen vor, die Ende Oktober 2005 dem Bafu (vormals Buwal) in einem ausführlichen Bericht zur Verfügung gestellt worden sind (BÜTLER *et al.* 2005).

## 2. Alt- und Totholz ungleich verteilt

Die waldbwirtschaftliche und die ökologische Definition von Altholz gehen stark auseinander. Im waldbwirtschaftlichen Sinne spricht man meist dann von Altbestand oder Altholz, wenn die wirtschaftliche Hiebsreife erreicht und der Bestand gegen Ende der so genannten Umtriebszeit geräumt und verjüngt wird. Für Buchen (*Fagus sylvatica* L.) liegt die Umtriebszeit je nach Standort bei etwa 120 bis 160 Jahren, für Fichten (*Picea abies* (L.) H. Karst.) in tieferen Lagen bei etwa 80 bis 120 Jahren, wobei im heute vermehrt praktizierten Plenter- und Dauerwaldbetrieb zwar immer auch einige wesentlich ältere Bäume verbleiben. Im ökologischen Sinne hingegen ist ein Bestand dann alt, wenn er sich dem Ende seiner natürlichen Entwicklungsphase nähert. Geht man von einem Waldentwicklungszyklus von etwa 250 Jahren im Naturwald aus, werden die Bestände im Wirtschaftswald also nur etwa halb so alt. Die Bäume im Urwald wachsen, bis sie die natürliche Altersgrenze erreicht haben, und ein Baum ist demnach dann alt, wenn er sich dem Ende seiner natürlichen Lebensdauer nähert. Buchen können natürlicherweise ein Alter von 250 (BRÄNDLI & DOWHANYTSCH 2003) oder je nach Standort gar 400 Jahren (SCHERZINGER 1996) erreichen. Bei Fichten liegt die Altersgrenze bei ungefähr 200 bis 400 Jahren (SCHERZINGER 1996) und bei Tannen (*Abies alba* Mill.) bei vielleicht 400 Jahren (BRÄNDLI & DOWHANYTSCH 2003). Solche alten Buchen können Durchmesser von über zwei Meter, Fichten von 1,3 bis 1,6 Meter haben.

Langsam wachsende Arten wie z. B. gewisse Flechten und Pilze oder solche mit geringer Dispersionskapazität sind auf Habitate mit einer langen zeitlichen Kontinuität angewiesen. Beispiele sind *Osmoderma eremita*, eine saproxyliche Käferart mit einer Ausbreitungsdistanz von 30 bis 190 Meter (siehe RANIUS &

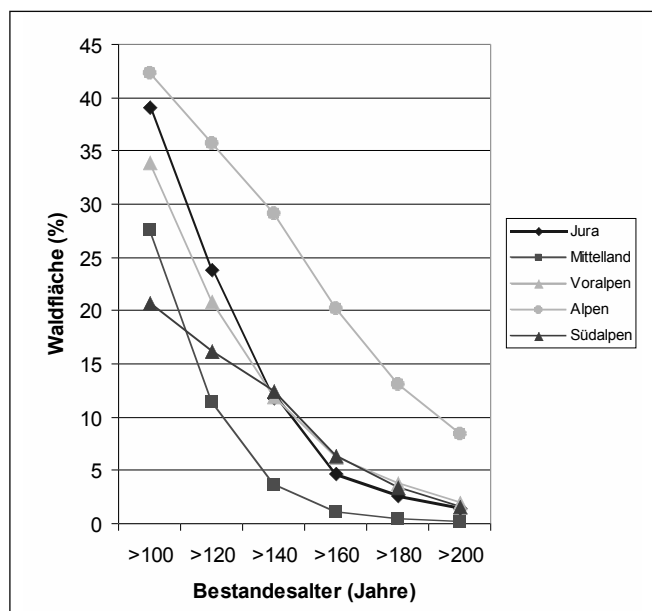
<sup>1</sup> Arten, die während mindestens eines Teils ihres Lebenszyklus von absterbenden oder toten Bäumen oder von holzbewohnenden Pilzen abhängen und Arten, die von anderen saproxylichen Arten abhängen.

<sup>2</sup> Bense, U.; Baum, F.; Brechtel, F.; Büche, B.; Geis, K.-U.; Kasper, H.; Köhler, F.; Lange, F.; Maus, C.; Neumann, C.; Reibnitz, J.; Szallies, A.; Wurst, C. 2001: Verzeichnis und Rote Liste der Totholzkäfer Baden-Württembergs. [http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/nafaweb/berichte/pasw\\_08/pasw08.html](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/nafaweb/berichte/pasw_08/pasw08.html), 24. Januar 2006.

HEDIN 2001), oder *Lobaria pulmonaria*, eine Flechtenart mit 35 bis maximal 75 Meter Dispersionskapazität (siehe ÖCKINGER *et al.* 2005). Für andere altholzbewohnende Organismen sind die ältesten Waldbestände deshalb am besten geeignet, weil alte Bäume besonders viele Mikrohabitate aufweisen, wie z.B. einen grobborkigen Stamm, Höhlen, Rindentaschen, tote Äste, Pilze usw. Mit dem Erreichen von ungefähr 120 bis 160 Jahren wird ein Waldbestand für Altholzbewohner allmählich wertvoll.

Für unsere Untersuchung haben wir die Rohdaten des zweiten Landesforstinventars (LFI2 1993–1995) analysiert. Leider konnten die Daten des dritten Landesforstinventars nicht verwendet werden, da Feldaufnahmen und Datenaufbereitung noch im Gang sind (2004–2007). Da unser statistisches Verfahren sich leicht von demjenigen in früheren Untersuchungen der WSL unterschied und wir zudem nicht ganz identisches Datenmaterial verwendeten, ergaben sich geringfügige Abweichungen gegenüber den vorgängig publizierten offiziellen Werten (siehe *Abbildung 2* und BUWAL 2005, S. 85). Die offiziellen Werte liegen aber im Vertrauensbereich unserer Mittelwerte. Gemäss den LFI2-Daten ist Altholz in der Schweiz sehr ungleich verteilt (BRASSEL & BRÄNDLI 1999, S. 401). Bestände älter als 120 Jahre sind in den Alpen dreimal häufiger als im Mittelland (*Abbildung 1*). Sie bedecken 36% respektive 12% der Waldfläche. 160-jährige Bestände sind in den Alpen gar 20-mal häufiger verglichen mit dem Mittelland: Sie nehmen in den Alpen 20%, im Mittelland jedoch nur gerade 1% der Waldfläche ein. Im Mittelland ist der Rückgang des Flächenanteils mit über 100 Jahre alten Wäldern besonders auffällig (*Abbildung 1*). In den Südalpen dagegen (Tessin, Mixox und Puschlav) fällt die Kurve flacher ab. Bestände älter als 160 Jahre bedecken in den Regionen Jura, Voralpen und Südalpen jeweils etwa gleiche Flächenanteile von etwa 5 bis 6%. WINTER *et al.* (2003) schätzen, dass in langfristig unbewirtschafteten Buchenwäldern Bestände in der Zerfallsphase, also noch deutlich älter als 200 Jahre, um die 10% der Waldfläche einnehmen.

In der Schweiz findet man im Jura durchschnittlich 0,4 und im Mittelland 0,9 Bäume pro Hektare mit einem Durchmesser von mehr als 80cm. Auf der zehn Hektar grossen Forschungsfläche im Buchen-Urwald von Uholka (Karpaten, Ukraine) stehen hingegen pro Hektare durchschnittlich 21 solcher dicken Bäume (BRÄNDLI & DOWHANYTSCH 2003). In einem Buchen-Ur-



**Abbildung 1:** Waldflächenanteil als Funktion des Bestandesalters für die fünf Produktionsregionen der Schweizerischen Forststatistik und des Landesforstinventars (LFI); gemäss Daten des LFI2.

wald Rumäniens (Zarand-Gebirge, Karpaten) stehen 31 Bäume pro Hektare mit einem Durchmesser grösser als 80cm (GIURGIU *et al.* 2001).

Was bedeuten diese Feststellungen nun für die Habitatqualität von Altholzbewohnern? Aus ökologischer Sicht fehlen sehr alte Waldbestände (>200 Jahre) und alte, dicke Bäume (BHD >80cm) in einigen Gebieten vor allem des Mittellandes weitgehend oder sie sind sehr selten. Tatsächlich belegt unsere Analyse, dass Altholzbewohner im Mittelland am stärksten bedroht sind. Etwas geringer ist die Bedrohung im Jura, in den Vor- und Südalpen. Am besten sind die Lebensbedingungen für solche Organismen heute in den Alpen.

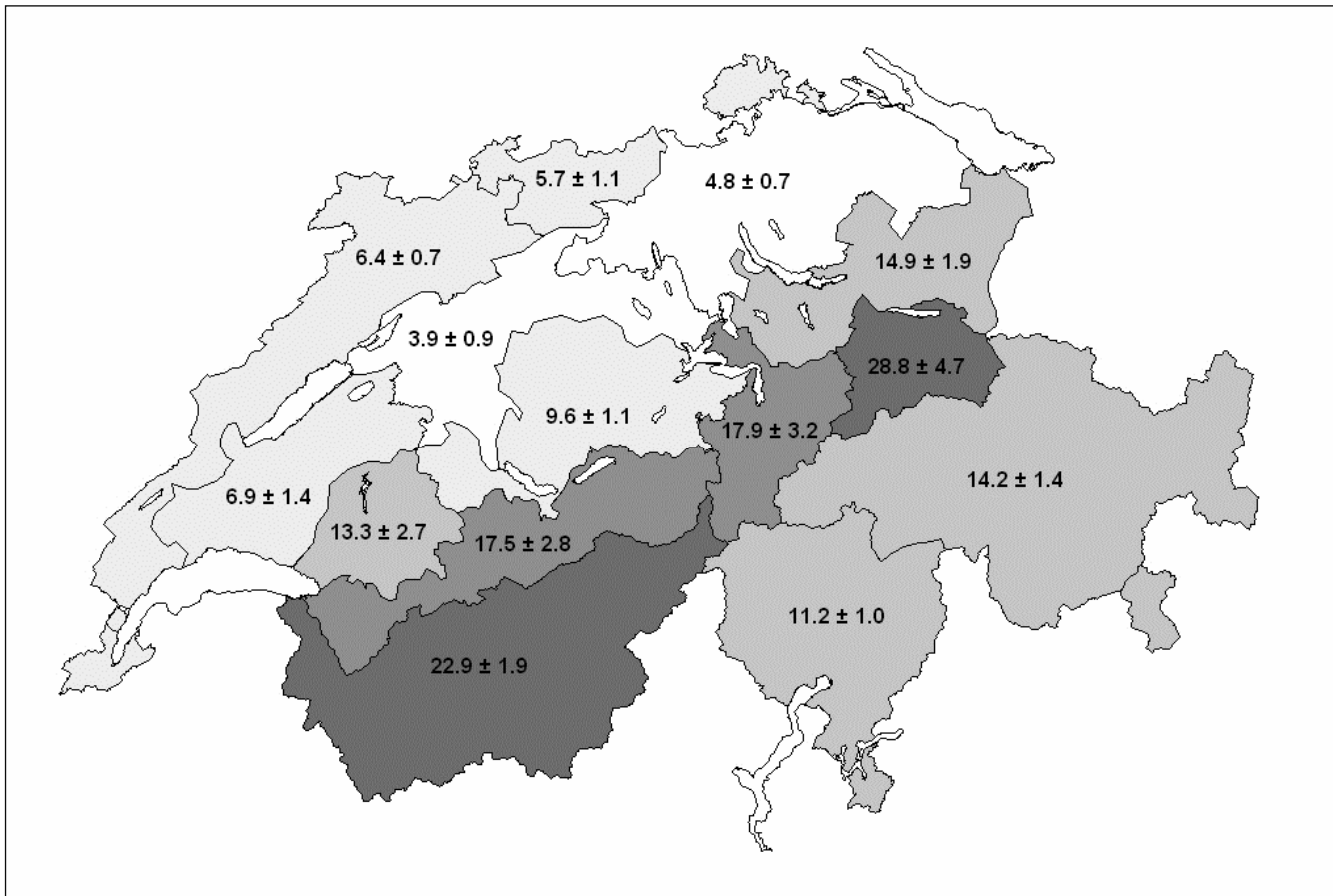
Auch Totholz ist in der Schweiz sehr ungleich verteilt (*Abbildung 2*). Mit kaum  $4\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  (stehendes und liegendes Totholz) hält das zentrale Mittelland den Tiefenrekord. Auch in den anderen Mittellandregionen sowie im Jura findet man mit 5 bis  $7\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  nicht wesentlich mehr Totholz. Die höchsten Werte beobachtet man in den nordöstlichen und südwestlichen Alpen ( $29$  und  $23\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ). In den übrigen Alpen- und Voralpenregionen sowie in den Südalpen hat es mittlere Totholz mengen zwischen  $10$  und  $18\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ . Angesichts der grossen regionalen Unterschiede kann man sich nun folgende Frage stellen: Wie viel Totholz ist denn tatsächlich nötig, damit die Artenvielfalt erhalten werden kann?

Auf diese schwierige Frage gibt es in der Fachliteratur bereits einige Ansätze von Antworten. Allerdings fehlen noch Untersuchungen, um nach Waldtypen differenzierte Soll-Werte zu formulieren. In *Abbildung 3* sind links unter dem Stichwort Ist-Werte nationale und regionale Mittelwerte aus der Schweiz und anderen europäischen Ländern aufgeführt. Ganz rechts stehen im Vergleich dazu Totholz mengen aus mitteleuropäischen Naturwäldern, meist ohne Bewirtschaftung. Es fällt auf, dass diese um ein Vielfaches höher sind als nationale oder regionale Ist-Werte. In der Mitte unter dem Stichwort Soll-Werte haben wir eine Übersicht aus der Literatur zusammengestellt. Es handelt sich um ökologische Untersuchungen, in denen für verschiedene Organismengruppen (Vögel, Insekten) und Waldtypen (Buchen-, Eichen- und Fichtenwälder) Mindestwerte für Totholz mengen formuliert wurden, die für die Erhaltung der jeweiligen Artengemeinschaften als notwendig erachtet werden. Der tiefste Soll-Wert (Nr. 15) bezieht sich nur auf Bäume mit >20cm Brusthöhendurchmesser. Die Soll-Werte 22 und 23 werden vom WWF International respektive vom Staat Luxemburg empfohlen. Es fällt auf, dass die aufgeführten Soll-Werte ungefähr zwischen den Ist-Werten und den Zahlen aus Naturwäldern liegen. Die meisten Soll-Werte befinden sich im Bereich zwischen  $20$  und  $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , und wir interpretieren dieses Intervall als grobe Antwort auf die Frage nach der nötigen Totholzmenge: Man kann gemäss aktuellem Wissensstand davon ausgehen, dass  $20$  bis  $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  Totholz ausreichend sein sollten, um die saproxylische Artenvielfalt zu erhalten.

Kommen wir nun wieder auf die Schweiz zurück. Gemäss *Abbildung 2* und den Soll-Werten ( $20$  bis  $40\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  Totholz) müssen also in fast allen Regionen Anstrengungen unternommen werden, um Totholzbewohner langfristig zu erhalten. Entweder müssen Anstrengungen zur Erhaltung der vorhandenen Totholz mengen oder aber zur Wiederherstellung von genügenden Mengen unternommen werden.

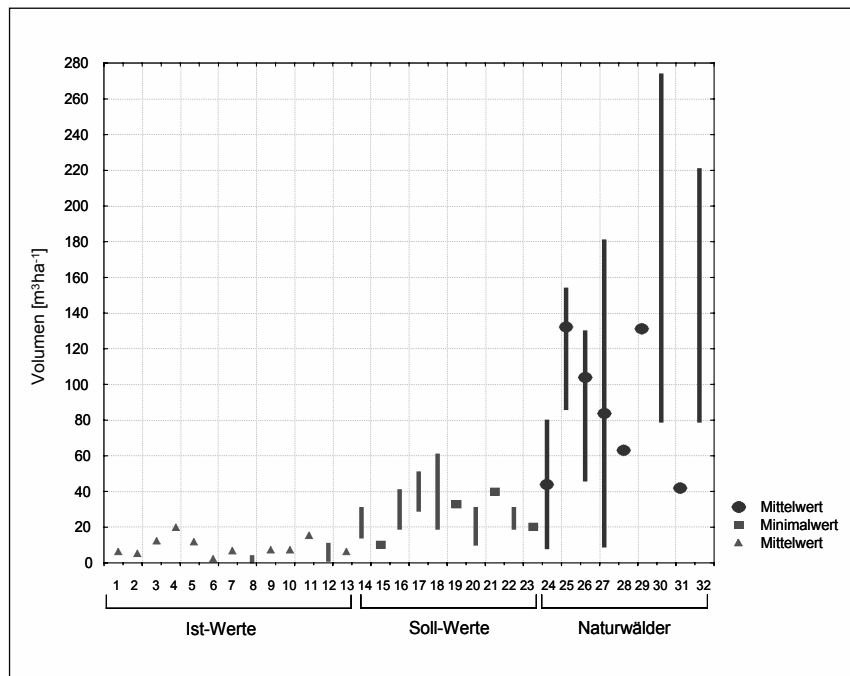
### 3. Erhaltungs- und Förderungspotenziale für saproxylische Arten

Ungefähr 20% der mitteleuropäischen Waldarten (Flora und Fauna) sind direkt oder indirekt von Alt- und Totholz abhängig (HARMON *et al.* 1986; SPEIGHT 1989; VALLAURI *et al.* 2003; BRANQUART *et al.* 2005). Direkt abhängig sind zum Beispiel Kä-



**Abbildung 2:** Totholzvolumen (Mittelwerte in  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  mit Standardfehlern) in den Wirtschaftsregionen der Schweiz.

Geringe, statistisch jedoch nicht signifikante Abweichungen gegenüber den offiziellen Werten (BUWAL 2005, S. 85) sind auf methodische Unterschiede zurückzuführen.

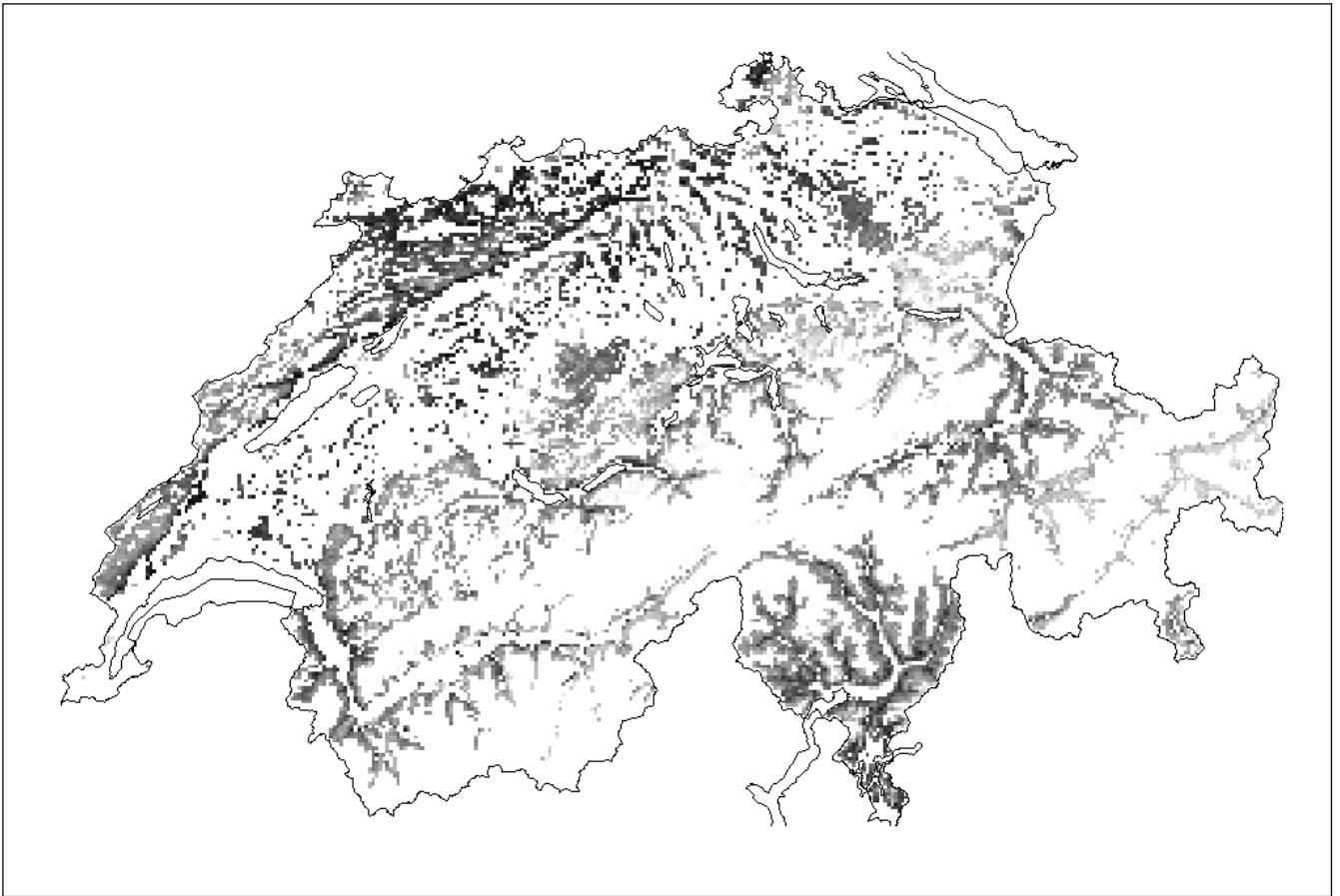


ferlarven, die in abgestorbenen Bäumen leben oder Pilze und Flechten, die Totholz als Substrat brauchen; indirekt abhängig sind räuberische Arten, die von xylobionten Organismen leben. Das Vorkommen von mehreren Tausend Arten hängt also zu einem grossen Teil von Quantität und Qualität (Abbauzustand, Baumart, Durchmesser und Lage) des Totholzes ab. Wegen der Verknappung der finanziellen Ressourcen werden im Naturschutz Prioritäten vor allem dort gesetzt, wo mit wenig Mitteln möglichst grosse Ergebnisse zu erwarten sind. Eine wichtige Aufgabe ist es folglich, zu beurteilen, wo sich in der Schweiz die grössten Erhaltungs- und Förderungspotenziale für saproxyliche Organismen befinden. Zur Beantwortung dieser Frage führten wir eine Modellierung mittels einer Kombination von GIS- und Statistikwerkzeugen durch. Mit Hilfe von Experten (siehe Dank) trafen wir eine ökologisch be-

**Abbildung 3:** Totholzvolumen in verschiedenen europäischen Ländern.

Ist-Werte (links), in der Literatur empfohlene Soll-Werte für verschiedene Organismengruppen (in der Mitte) und Werte aus meist unbewirtschafteten Naturwäldern Mitteleuropas (rechts). Balken verbinden Minimal- und Maximalwerte.

Quellen Ist-Werte: 1. Jura Schweiz; 2. Mittelland Schweiz; 3. Voralpen Schweiz; 4. Alpen Schweiz; 5. Südalpen Schweiz, BRASSEL & BRÄNDLI 1999; 6. Frankreich, VALLAURI & PONCET 2002; 7. Savoyen, VALLAURI & PONCET 2002; 8. Bayern, AMMER 1991; 9. Flandern, AFDELING BOS EN GROEN 2001; 10. Wallonien, LECOMTE 2000; 11. Luxemburg, WAGNER 2003; 12. Finnland, SIITONEN 2001; 13. Schweden, FRIDMAN & WALHEIM 2000. Soll-Werte: 14. AMMER 1991; 15. ERDMANN & WILKE 1997; 16. KIRBY *et al.* 1998; 17. WINTER *et al.* 2003; 18. UTSCHICK 1991; 19. BÜTLER *et al.* 2004; 20. PECHACEK & D'OLEIRE-OLTMANN'S 2004; 21. HAASE *et al.* 1998; 22. WWF 2004; 23. MEMORIAL LUXEMBURG 2002. Naturwälder: 24. MEYER 1999; 25. BOBIEC 2002; 26. GREEN & PETERKEN 1997; 27. RAUH & SCHMITT 1991; 28. DERLETH *et al.* 2000; 29. HOLEKSA 2001; 30. KORPEL' 1995; 31. KORPEL' 1995; 32. KORPEL' 1995.



**Abbildung 4:** Karte der potenziellen «saproxylichen Hotspots» der 55 ausgewählten Arten.

Ergebnis der Kumulation von 55 modellierten Lebensraumeignungskarten für alt- und totholzabhängige Fledermaus-, Vogel-, Amphibien- und Reptilien-, Insekten-, Mollusken-, Pilz- und Flechtenarten.

gründete Auswahl von Arten aus verschiedenen systematischen Gruppen, für welche die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt und die voraussichtlich von einer Lebensraumaufwertung profitieren. Auswahlkriterien waren zum Beispiel Schutzstatus (Rote Liste, Berner Konvention, EU-Richtlinie usw.), Spezialisierungsgrad, bevorzugter Waldtyp (Laub- oder Nadelbestand), bevorzugte Totholzqualität (stehend, liegend, frisch, angemodert, morsch) und Region (Jura, Mittelland, Voralpen, Alpen oder Südalpen). Die Selektion einer breiten Artenauswahl hat gegenüber dem Einzelarten-Ansatz die Vorteile, dass die Realität besser wiedergegeben und der Einfluss der einzelnen Arten reduziert wird. Grundsätzlich mussten die ausgewählten Arten saproxylich sein und sich gegenseitig so ergänzen, dass die gebildete Gilde keine ökogeografische Lücke aufweist. Durch dieses Verfahren erhielten wir eine für die Schweiz repräsentative Artenliste mit 3 Fledermaus-, 16 Vogel-, 5 Amphibien- und Reptilien-, 11 Insekten-, 3 Mollusken-, 11 Pilz- und 6 Flechtenarten (total = 55 Arten).

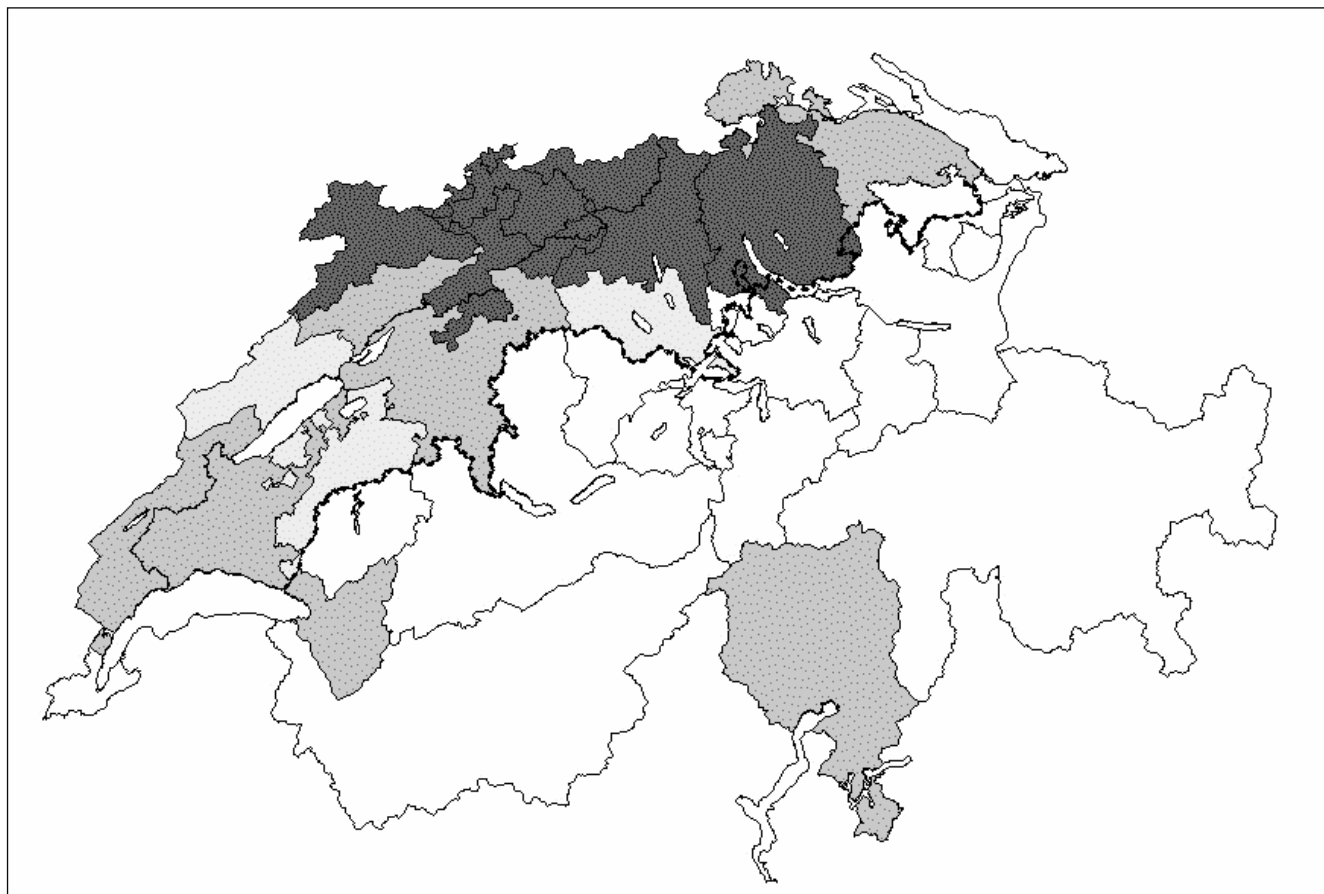
Für jede der 55 Arten stellten wir mittels der Software Biomapper<sup>3</sup> (HIRZEL *et al.* 2002) eine Lebensraumeignungskarte her, indem wir 20 ökogeografische Variablen einführten, welche die klimatischen Bedingungen, den Wald, den Schutzstatus und die Topografie jedes Lebensraumes beschreiben. Die für jede Art resultierende Karte gibt pro Quadratkilometer die Lebensraumeignung für die jeweilige Art an (0 % nicht geeignet bis 100 % sehr geeignet). In einem folgenden Schritt wandelten wir alle Lebensraumeignungskarten in binäre Karten um (geeignete/nicht geeignete Habitate), die dann ihrerseits für die 55 Arten kumuliert wurden, um letztlich eine Karte der potenziellen «saproxylichen Hotspots» zu erhalten (Abbildung 4). In dieser Karte kann also jede Zelle im Kilometerraster

ter Werte zwischen null und 55 Arten enthalten. Sie zeigt die höhere Dichte pro Waldfläche von potenziellen saproxylichen Hotspots im Jura und im Mittelland verglichen mit anderen Regionen. Diese potenzielle höhere Artenvielfalt in den tiefen Lagen ist einerseits mit der Abnahme des Artenreichtums mit zunehmender Höhe zu erklären, ein sehr verbreitetes Phänomen, das fast in allen terrestrischen Ökosystemen beobachtet werden kann (BEGON *et al.* 1996). Andererseits wird die Biodiversität auch von der Produktivität des Ökosystems beeinflusst, im Sinne eines vielfältigen Ressourcenangebots. Ein Ökosystem mit einer hohen Produktivität wird also eine hohe Artenvielfalt beherbergen können.

Die niedrigeren Potenziale der Berggebiete (Alpen und Voralpen) bedeuten aber nicht, dass diese Gebiete keinen Wert für die Erhaltung der saproxylichen Fauna und Flora darstellen, sondern, dass die «saproxylichen Hotspots» für die 55 gewählten Arten nicht in den Alpen erwartet werden. Totholz in den Voralpen und Alpen bleibt eine Schlüsselressource für zahlreiche Arten und muss unbedingt erhalten oder gefördert werden.

Die Auswahl der Arten für die Modellierung der potenziellen «saproxylichen Hotspots» beeinflusste in gewissem Masse die Lage der resultierenden Hotspots. Hätten wir beispielsweise ausschliesslich nadelbaumabhängige Arten gewählt, lägen die identifizierten Hotspots mehrheitlich in den Alpen und Voralpen. Das am Anfang dieser Untersuchung mit dem früheren Buwal vereinbarte Ziel war aber, eine für die ganze Schweiz repräsentative Artenliste zusammenzustellen,

<sup>3</sup> Hirzel, A.H.; Hausser, J.; Perrin, N. 2004: Biomapper 3.1. Division of Conservation Biology, University of Bern. URL: <http://www.unil.ch/biomapper>, 8.12.2005.



**Abbildung 5:** Karte der Handlungsprioritäten zur Förderung der saproxylichen (totholzabhängigen) Arten.

Dunkelgrau = erste Priorität; mittelgrau = zweite Priorität; hellgrau = dritte Priorität (Vernetzung). Gepunktete Linie: südliche Grenze des Mittellandes.

ohne Festlegung besonderer Prioritäten (z.B. einer Artengruppe, eines Waldtyps oder eines bestimmten Gefährdungsgrades). Das Forum für Biodiversität Schweiz forderte die Definition einer nationalen Biodiversitäts-Strategie für die Schweiz als notwendige Grundlage für massnahmeorientiertes Handeln (FORUM BIODIVERSITÄT SCHWEIZ 2004). Auch im Falle von Alt- und Totholz ergibt sich aus unserer Analyse das Bedürfnis, klar zu definieren, welche Art von Biodiversität die Gesellschaft in Zukunft mittels einer geeigneten Strategie erhalten will. Soll in einer nationalen Strategie der Schwerpunkt z.B. auf Arten gesetzt werden, die aus europäischer Perspektive in der Schweiz als Alpenland besonders erhaltenswert sind? Oder will man künftig z.B. vor allem schweizweit gefährdete Arten wieder häufiger werden lassen? Je nach Zielsetzung könnte die Strategie anders lauten.

#### 4. Handlungsprioritäten

Aus der Karte der potenziellen «saproxylichen Hotspots» (Abbildung 4) leiteten wir die nationalen Handlungsprioritäten bezüglich Förderung und Erhaltung von Alt- und Totholz ab. Dafür untersuchten wir, wie viel geeignete Waldfläche pro Region (z.B. Kanton oder Wirtschaftsregion) für die saproxylichen Arten vorhanden ist. Es kamen für unseren Zweck zwei Interpretationsmöglichkeiten in Frage: Erstens kann die relative geeignete Waldfläche in Prozent einer Region (z.B. Kanton oder Wirtschaftsregion) betrachtet werden, d.h. dem Verhältnis zwischen der potenziell geeigneten Habitatsfläche im Wald und der gesamten Waldfläche. Zweitens kann auch die absolute geeignete Waldfläche in km<sup>2</sup> einer Region, d.h. die potenziell geeignete Habitatsfläche im Wald,

berücksichtigt werden. Beide Standpunkte zeigen sowohl ökologische als auch subventionspolitische Vor- und Nachteile, die in *Tabelle 1* zusammengefasst sind.

*Tabelle 2* zeigt für jeden Kanton dessen Waldfläche sowie den Waldflächenanteil, der für saproxyliche Arten gemäss unserer Modellierung potenziell besonders geeignet ist. Praktisch die gesamte Waldfläche sämtlicher Kantone ist zumindest für eine der 55 gewählten Arten als Habitat potenziell geeignet. Betrachtet man jedoch die Eignung für mindestens 20 der 55 Arten, so beobachtet man grosse Unterschiede zwischen den geeigneten Waldflächenanteilen der Kantone. Basel, Jura und Solothurn weisen auf mehr als 50 % ihrer Waldfläche eine hohe Eignung für saproxyliche Arten auf. Nach dieser Beurteilung haben sie die grössten Förderungspotenziale, gefolgt von Aargau, Zürich und Schaffhausen. Betrachtet man jedoch die absolute geeignete Waldfläche, so stehen Bern, Waadt, Aargau und Jura an oberster Stelle.

Zur Festlegung der Handlungsprioritäten benützten wir beide Standpunkte (absolute und relative geeignete Waldfläche für saproxyliche Arten), um dadurch gleichzeitig die Vor- und Nachteile jeder Methode zu berücksichtigen. Als erste Priorität galten Kantone, welche gleichzeitig einen hohen Waldflächenanteil ( $\geq 25\%$ ) an geeigneten Habitaten und eine grosse geeignete Waldfläche ( $\geq 100\text{ km}^2$ ) aufweisen. Die zweite Priorität betraf Kantone, die entweder einen hohen Flächenanteil oder eine grosse absolute Fläche haben. Die dritte Priorität bestimmten wir qualitativ. Es handelt sich um Kantone oder Kantonsteile, welche eine Vernetzungsrolle zwischen Gebieten mit hohem Potenzial spielen.

*Abbildung 5* zeigt die Prioritäten aufgeschlüsselt nach Kantonen. Ausserhalb von Jura und Mittelland kommen noch das Tessin und voralpine Teile des Kantons Waadt dazu. Da sich in

**Tabelle 1: Relative und absolute geeignete Waldfläche.**

Zwei Standpunkte für die Beurteilung der ökologischen und subventionspolitischen Bedeutung von potenziell geeigneten Habitaten für saproxyliche Arten. + Vorteile, – Nachteile.

	Ökologische Bedeutung	Subventionspolitische Bedeutung
Relative Waldfläche	+ Eine grosse relative Fläche entspricht einer hohen Dichte und besseren Vernetzung zwischen den saproxylichen Hotspots (z. B. Kt. JU, SO). – Kleine Flächen können einen grossen Anteil darstellen, falls die Waldfläche gering ist (z. B. Kt. BL und BS).	+ Kleine Kantone werden nicht benachteiligt (z. B. Kt. SH). – Die Wichtigkeit von Regionen mit kleinen Waldflächen kann überschätzt werden (z. B. Kt. SH).
Absolute Waldfläche	+ Grosse Flächen sind ökologisch wertvoller als kleine (z. B. Kt. BE, TI, VD). – Die absolute Fläche gibt keine Informationen über die Dichte und die Verteilung der potenziell wertvollen Flächen (z. B. Kt. BE).	+ Gebiete mit niedrigem Flächenanteil aber grossen Flächen werden berücksichtigt (z. B. Kt. TI). – Kleine Regionen werden benachteiligt (z. B. Kt. SH, BS und BL).

**Tabelle 2: Waldfläche und Waldflächenanteil pro Kanton von potenziell geeigneten Habitaten für saproxyliche Arten.**

	Gesamtareal [km <sup>2</sup> ]	Waldfläche [km <sup>2</sup> ]	Waldfläche [%]	Anteil geeignete Waldfläche ≥ 1 Art [%]	Anteil geeignete Waldfläche ≥ 10 Arten [%]	Anteil geeignete Waldfläche ≥ 20 Arten [%]	Geeignete Waldfläche ≥ 20 Arten [km <sup>2</sup> ]
Zürich	1729	495,1	28,6	100	94	37	183
Bern	5959	1719,9	28,9	98	77	15	258
Luzern	1493	394,9	26,4	100	76	15	59
Uri	1077	188,1	17,5	100	59	1	2
Schwyz	908	275,3	30,3	100	34	0	0
Obwalden	491	179,6	36,6	100	50	4	7
Nidwalden	276	77,6	28,1	100	69	5	4
Glarus	685	187,4	27,4	100	31	0	0
Zug	239	61,3	25,6	100	74	5	3
Fribourg	1671	417,7	25,0	100	90	12	50
Solothurn	791	313,8	39,7	100	96	51	160
Basel Stadt, Basel Land	554	197,5	35,6	100	96	62	122
Schaffhausen	299	125,5	42,0	100	81	33	41
Appenzell Ausserrhoden	243	72,0	29,6	100	59	0	0
Appenzell Innerrhoden	172	48,5	28,2	100	41	0	0
St. Gallen	2026	548,7	27,1	100	59	5	27
Graubünden	7105	1871,2	26,3	98	57	3	56
Aargau	1404	476,2	33,9	100	94	47	224
Thurgau	991	195,1	19,7	100	86	27	53
Ticino	2812	1417,7	50,4	98	78	13	184
Vaud	3212	1110,3	34,6	100	86	21	233
Valais	5225	1096,3	21,0	97	59	8	88
Neuchâtel	803	294,0	36,6	100	84	19	56
Genève	282	30,0	10,6	100	25	0	0
Jura	839	391,7	46,7	100	97	56	219

den Kantonen Bern, Freiburg und Luzern die potenziellen saproxylichen Hotspots in den tieferen Lagen konzentrieren (ungefähr 90 % der geeigneten Habitats), wurden die Vor-alpen- und Alpenregionen nicht einbezogen. Der Kanton Neuenburg, die tiefen Lagen von Freiburg und Luzern wurden wegen ihrer geografischen Lage hinzugefügt. Ihre Lage zwischen saproxylichen Hotspots im Jura und Mittelland weist ihnen eine Vernetzungsfunktion zu.

## 5. Handlungsoptionen

Die jeweiligen Handlungsoptionen resultierten aus der Gegenüberstellung der vorhandenen Totholz mengen (*Abbildung 2*) und der Handlungsprioritäten für die Förderung saproxylicher Arten (*Abbildung 5*). *Tabelle 3* zeigt in synthetischer Form, welche Art Massnahmen wir für welche Region vorschlagen.

Verallgemeinernd empfehlen wir Erhaltungsmassnahmen (Conservation) in Regionen mit genug Totholz (> 20 m<sup>3</sup>

ha<sup>-1</sup>) und eine ökologische Aufwertung oder Wiederherstellungsmassnahmen (Restauration) in Regionen mit zu wenig Totholz (< 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Diese Hinweise sind sehr allgemein. Welche Massnahmen zur Förderung und Erhaltung von Alt- und Totholzarten in Frage kommen, präsentieren wir ausführlicher in einem zweiten Aufsatz (BÜTLER *et al.* in diesem Heft).

## 6. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen markante Mängel an Alt- und Totholz für die Erhaltung der Artenvielfalt in fast allen Regionen der Schweiz (ausser in den Alpen). Darunter befinden sich Gebiete mit sehr grossen Förderungs- und Erhaltungspotenzialen bezüglich ihrer potenziellen Vielfalt an saproxylichen Arten. In den meisten Regionen liegen Alt- und Totholz mengen gemäss Definition und Erhebungsmethode im LFI2 und vor dem Lotharereignis vom 26. Dezember 1999 weit unter den gelegentlich in

**Tabelle 3: Synthese der vorgeschlagenen Handlungsoptionen resultierend aus der Gegenüberstellung von Totholzvolumen (Abbildung 2) und Handlungsprioritäten für die Förderung der saproxylichen Arten (Abbildung 5).**

	Ist-Zustand: Totholzvolumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	
	< 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	> 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
Priorität gemäß Förderungs- potenzial für saproxyliche Arten	Keine	Ökologische Aufwertung (Restauration): nur kostengünstige Massnahmen
	1 bis 3	Ökologische Aufwertung (Restauration): besondere Massnahmen unentbehrlich
		Erhaltungsmassnahmen (Conservation): <i>Status quo</i>
		Erhaltungsmassnahmen (Conservation): z.B. Vernetzung, Waldreservate, Altholzinseln

der Praxis für die Erhaltung der Artenvielfalt empfohlenen minimalen Soll-Werten. Allerdings fehlen die wissenschaftlichen Grundlagen noch weitgehend, um nach Waldtypen differenzierte, ökologisch sinnvolle Soll-Werte zu definieren. Diese Beobachtungen unterstreichen einerseits die Dringlichkeit, die Rolle von Totholz für die Artenvielfalt besser zu erforschen. Andererseits sind dringend Massnahmen zur Erhaltung oder Rettung von zahlreichen saproxylichen Arten nötig, welche in unseren Wäldern oft in suboptimalen Bedingungen überleben und zum Teil vom Aussterben bedroht sind. Was in den Schweizer Wäldern am meisten fehlt, sind Baumveteranen, das heisst sehr alte Bäume, die der Nutzung entzogen bleiben, ihren Lebenszyklus vollständig durchlaufen und erst nach einigen Jahrhunderten natürlich absterben.

Die Bedingungen in der Schweiz sind für die Realisierung von Massnahmen zur Förderung von Alt- und Totholzspezialisten zur Zeit günstig: Im Rahmen der Waldentwicklungsplanung (BACHMANN 2005) werden laufend von den Kantonen neue Waldreservate ausgeschrieben, und Wirtschaftswälder wurden in den letzten Jahrzehnten aus rein ökonomischen Gründen immer extensiver bewirtschaftet. Viele Waldbestände werden deshalb immer älter, ihre Totholzmenge nimmt auch ohne formale Förderungsprogramme zu. Eine gewisse Tendenz zu einem naturnäheren Zustand in einem Teil der Schweizer Wälder ist also zu erhoffen. Allerdings wird die Ressource Holz angesichts der prekären Lage von fossilen Rohstoffen in Zukunft wahrscheinlich auch in der Schweiz an Bedeutung gewinnen. Eine Intensivierung der Bewirtschaftung und das vermehrte Interesse an Alt- und Totholz als Brennstoffe könnten mittelfristig diese für die Arterhaltung unerlässlichen Strukturen sogar in Berggebieten wieder gefährden. Alt- und Totholz müssen daher strategisch gefördert werden, um die Erhaltung der Artenvielfalt zu gewährleisten. Gemäss unserer Untersuchung liegen die grössten Förderungspotenziale in den Regionen Jura, Mittelland und Tessin. Falls im Rahmen einer Biodiversitätsstrategie spezifische Ziele formuliert würden, die der Schweiz als Alpenland besondere Verantwortung zuweisen, könnte es aber sein, dass die Erhaltungspotenziale der Alpen- und Voralpengebiete mehr Gewicht erhielten. Deshalb empfehlen wir Erhaltungsmassnahmen in Gebieten mit relativ viel Totholz (>20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) und eine ökologische Aufwertung punkto Alt- und Totholz in Gebieten mit weniger Totholz. In Anlehnung an das Forum Biodiversität Schweiz denken auch wir, dass die Formulierung einer Biodiversitätsstrategie mit klar definierten Zielen in Zukunft anlässlich der limitierten Mittel unerlässlich ist.

## Zusammenfassung

Die Erhaltung der Artenvielfalt ist zu einer Priorität der Schweizer Waldpolitik geworden. Dazu gehört auch eine Strategie zur Förderung der saproxylichen Arten. Alt- und Totholz

kommt in der Schweiz vermehrt in den Alpenregionen vor, aber nur in ungenügenden Mengen in einigen Gebieten des Mittellandes. Durch die Modellierung und Kumulation der Lebensraumeignungskarten von 55 saproxylichen Arten aus verschiedenen taxonomischen Gruppen (Vögel, Säugetiere, Amphibien, Reptilien, Insekten, Mollusken, Pilze und Flechten) zeigte sich, dass die grössten Förderungspotenziale für solche Arten vor allem im Jura und im Mittelland liegen. Gebiete, wo viele so genannte saproxyliche Hotspots vorkommen und zugleich ökologische Alt- und Totholzdefizite bestehen, sind vorrangig für das Ergreifen von Förderungsmaßnahmen für alt- und totholzabhängige Arten.

## Résumé Potentiel écologique et «hotspots» d'espèces saproxyliques en Suisse

La conservation de la diversité biologique est devenue une priorité de la politique forestière suisse. Cela se traduit, entre autres, par l'élaboration d'une stratégie de conservation des espèces liées au bois mort (espèces saproxyliques). Les régions alpines sont plus riches en bois mort et en vieux arbres que les régions du Plateau, où de telles structures sont insuffisantes. Nous avons modélisé des cartes d'habitats potentiels pour 55 espèces saproxyliques issues de différents groupes taxonomiques (oiseaux, mammifères, amphibiens, reptiles, insectes, mollusques, champignons et lichens). En les cumulant, nous avons pu montrer que les régions à haut potentiel pour le maintien de ces espèces se situent notamment dans le Jura et sur le Plateau. Des mesures pour favoriser ces espèces saproxyliques s'imposent en priorité dans les régions montrant à la fois de nombreux hotspots saproxyliques et un déficit écologique important en vieux arbres et en bois mort.

## Summary Saproxylic species in Switzerland: Ecological potential and hotspots

The conservation of species diversity has become one of the priorities of Swiss forest policy. Conservation also includes a strategy of promoting saproxylic species. The occurrence of old and dead wood in Switzerland is mostly confined to the alpine regions, and – but only in insufficient quantities – in some areas of the Plateau. A modelling and accumulation of the habitat maps of 55 saproxylic species of various taxonomic groups (birds, mammals, amphibians, reptiles, molluscs, fungi and lichens) show that the greatest potential for promotion for such species exists above all in the Jura and on the Swiss Plateau. Regions where many of the so-called saproxylic hotspots occur and where simultaneous ecological deficits of old and dead wood exist should be the first places where measures are taken to promote old and dead wood dependant species.

## Literatur

- AFDELING BOS EN GROEN 2001: De bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest. Resultaten van de eerste inventarisatie 1997–1999.
- AMMER, U. 1991: Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzfor- schung für die forstliche Praxis. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110: 149–157.
- 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.
- BARKMEYER, H. 2003: Totholz und Verkehrssicherungspflicht im Wald. Die rechtlichen Grundlagen – erläutert an Fallbeispielen. AFZ/Der Wald 24: 1245–1248.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. 1996: Ecology: Individuals, Population, and Communities. Blackwell Science, Oxford.
- BOBIEC, A. 2002: Living stands and dead wood in the Bialowieza forest: suggestions for restoration management. Forest Ecology and Management 165: 125–140.
- BOBIEC, A.; GUTOWSKI, J.M.; LAUDENSLAYER, W.F.; PAWLACZYK, P.; ZUB, K. 2005: The afterlife of a tree. WWF Poland, Bialystok, Poland, 252 S.
- BRÄNDLI, U.-B.; DOWHANYTSCH, J. (Red.) 2003: Urwälder im Zentrum Europas. Ein Naturführer durch das Karpaten-Biosphärenreservat in der Ukraine. Hrsg. von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und Karpaten-Biosphärenreservat, Rachiw, Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 192 S.
- BRANQUART, E.; VANDEKERKHOVE, K.; BOURLAND, N.; LECOMTE, H. 2005: Les arbres sur-âgés et le bois mort dans les forêts de Flandre, de Wallonie et du Grand-Duché de Luxembourg. In: Vallauri, D.; André, J.; Dodelin, B.; Eynard-Machet, R.; Rambaud, D. (eds.): Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes. Lavoisier, Londres, Paris, New York: 19–29.
- BRASSEL, P.; BRÄNDLI, U.-B. (Hrsg.) 1999: Schweizerisches Landes- forstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995, Haupt, Bern.
- BÜTLER, R.; ANGELSTAM, P.; EKELUND, P.; SCHLAEFFER, R. 2004: Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker 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: Waldprogramm Schweiz (WAP-CH): Handlungspro- gramm 2004–2015. Schriftenreihe Umwelt Nr. 363. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 117 S.
- BUWAL 2005: Waldbericht 2005. Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 150 S.
- DERLETH, P.; BÜTLER, R.; SCHLAEFFER, R. 2000: Le Pic tridactyle (*Picoides tridactylus*), un indicateur de la qualité écologique de l'écosystème forestier du Pays-d'Enhaut (Préalpes suisses). Schweiz. Z. Forstwes. 151, 8: 282–289.
- ENCKE, B.G. 2003: Fachsymposium des Deutschen Forstwirtschafts- rates DFWR. Totholz und Verkehrssicherung im Wald. AFZ/Der Wald 24:1238–1241.
- ERDMANN, M.; WILKE, H. 1997: Quantitative und qualitative Tothol- zerfassung in Buchenwirtschaftswäldern. Forstwissenschaftliches Centralblatt 116: 16–28.
- FORUM BIODIVERSITÄT SCHWEIZ 2004: Biodiversität in der Schweiz. Zustand, Erhaltung, Perspektiven. Haupt Verlag, Bern, 236 S.
- FRIDMAN, J.; WALHEIM, M. 2000: Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. Forest Ecology and Management 131: 23–36.
- GILG, O. 2004: Forêts à caractère naturel: caractéristiques, conservati- on et suivi. Cahiers Techniques de l'ATEN: 74. ATEN, Montpellier, 96 p.
- GIURGIU, V.; DONIȚĂ, N.; BÂNDIU, C.; RADU, S.; CENUȘĂ R., DISSESCU, R.; STOICULESCU, C.; BIRIȘ, I.-A. 2001: Les forêts vierges de Roumanie. absl Forêt wallonne, Louvain-la-Neuve, 206 S.
- GREEN, P.; PETERKEN, G.F. 1997: Variation in the amount of dead wood in the woodlands of the Lower Wye Valley, UK in relation to the intensity of management. Forest Ecology and Management 98: 229–238.
- HAASE, V.; TOPP, W.; ZACH, P. 1998: Eichen – Totholz im Wirtschafts- wald als Lebensraum für xylobionte Insekten. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 7: 137–153.
- HARMON, M.E.; FRANKLIN, J.F.; SWANSON, F.J.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.V.; LATTIN, J.D.; ANDERSON, N.H.; CLINE, S.P.; AUMEN, N.G.; SEDELL, J.R.; LIENKAEMPFER, G.W.; CROMACK, K.; CUMMINS, J.R.; CUMMINS, K.W. 1986: Ecology of coarse woody debris in tempe- rate ecosystems. Adv. Ecol. Res. 15: 133–302.
- HENDRISCHKE, O. 2003: Totholz und Verkehrssicherung im Wald. Rechtliche Grundlagen und Regelungsalternativen. AFZ/Der Wald 24: 1242–1244.
- HIRZEL, A.H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. 2002. Ecological- niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? Ecology 83, 2027–2036.
- HOLEKSA, J. 2001: Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. Forstwissenschaftliches Centralblatt 120: 256–270.
- KIRBY, K.J.; REID, C.M.; THOMAS, R.C.; GOLDSMITH, F.B. 1998: Prelimina- ry estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. Journal of Applied Ecology 35: 148–155.
- KORPEL', S. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York.
- LECOMTE, H. 2000: L'inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie. Actes du colloque «Inventaire et suivi de la biodiversité en Région wallonne», Mars, La Marlagne.
- MASON, F.; NARDI, G.; TISATO, M. (eds.) 2003: Dead wood: a key to bio-diversity. Proceedings of the International Symposium 29–31 May 2003, Mantova, Italy.
- MCPFE 2003: Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management: as adopted by the MCPFE Expert Level Meeting 7–8 October 2002, Vienna, Austria.
- MEMORIAL 2002: Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg. Recueil de Législation A – No. 36, 4 avril 2002: Régimes d'aides pour la sauvegarde de la diversité biologique. [http://www.legilux. public.lu/leg/a/archives/2002/0360404/0360404.pdf#page=2](http://www.legilux.public.lu/leg/a/archives/2002/0360404/0360404.pdf#page=2), 8. Dezember 2005.
- MEYER, P. 1999: Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse. Forstwissenschaft- liches Centralblatt 118: 167–180.
- ÖCKINGER, E.; NIKLASSON, M.; NILSSON, S.G. 2005: Is local distribution of the epiphytic lichen *Lobaria pulmonaria* limited by dispersal capacity or habitat quality? Biodiversity and Conservation 14: 759–773.
- PECHACEK, P.; D'OLEIRE-OLTMANN, W. 2004: Habitat use of the three- toed woodpecker in central Europe during the breeding period. Biological Conservation 116, 3: 333–341.
- RANIUS, T.; HEDIN, J. 2001. The dispersal rate of a beetle, *Osmoderma eremita*, living in tree hollows. Oecologia 126: 363–370.
- RAUH, J.; SCHMITT, M. 1991: Methodik und Ergebnisse der Totholzfor- schung in Naturwaldreservaten. Forstwissenschaftliches Central- blatt 110: 114–127.
- SCHERZINGER, W. 1996: Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SCHIEGG K. 1998: Totholz bringt Leben in den Wirtschaftswald. Schweiz. Z. Forstwes. 149, 10: 784–794.
- SIITONEN, J. 2001: Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forsts as an example. Ecological Bulletins 49: 11–41.
- SPEIGHT, M.C.D. 1989: Saproxylic invertebrates and their conservati- on. Council of Europe, Strasbourg. 79 p.
- UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR 2006: Cocoon – ein multimediales Lern- und Informationssystem. Institut für Waldbau. Wien. [http://www. wabo.boku.ac.at/6132.html](http://www.wabo.boku.ac.at/6132.html), 2. Februar 2006.
- UTSCHICK, H. 1991: Beziehungen zwischen Totholzreichtum und Vogelwelt in Wirtschaftswäldern. Forstwissenschaftliches Central- blatt 110: 135–148.
- VALLAURI, D.; PONCET, L. 2002: Etat de la protection des forêts en France: indicateurs 2002. Rapport WWF, Paris 100 p.
- VALLAURI, D.; ANDRÉ, J.; BLONDEL, J. 2003: Le bois mort, une lacune des forêts gérées. Revue forestière française 2: 3–16.
- VALLAURI, D.; ANDRÉ, J.; DODELIN, B.; EYNARD-MACHET, R.; RAMBAUD, D. (eds.) 2005: Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes. Lavoisier, Londres, Paris, New York, 405 p.
- WAGNER, M. (coord.) 2003: La forêt luxembourgeoise en chiffres. Résultats de l'inventaire forestier national au Grand-Duché de Luxembourg 1998–2000. Luxembourg, 210 p.
- WINTER, S.; FLADE, M.; SCHUMACHER, H.; MÖLLER, G. et al. 2003: Naturschutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäl-



dern im nordostdeutschen Tiefland. Sachbericht. Landesanstalt für Grossschutzgebiete Brandenburg und Bundesamt für Naturschutz, unpubliziert.

WWF 2004: Deadwood – living forests. The importance of veteran trees and deadwood to biodiversity. Report, October 2004.

### Dank

Diese Untersuchung war nur möglich dank der Hilfe zahlreicher Personen und Institutionen, denen wir an dieser Stelle unseren Dank aussprechen möchten. Ganz besonders danken wir: Markus Bolliger, Bafu, Sektion Jagd, Wildtiere und Waldbiodiversität; Urs-Beat Brändli, Peter Brassel und Ulrich Ulmer von der Abteilung Landschaftsinterventionen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL); Sylvie Barbalat, François Claude und Yves Gonseth, Centre suisse de cartographie de la faune; Philippe Clerc, Conservatoire et jardin botaniques, Genève; Goran Dusej, Büro für faunistische Felduntersuchungen, Rottenschwil; Kurt Grossenbacher, Naturhistorisches Museum Bern; Nicolas Kueffer, Université de Neuchâtel; Pascal Moeschler, Musée d'histoire naturelle, Genève; Peter Hahn, Pierre Mollet und Hans Schmid, Schweizerische Vogelwarte, Sempach; Jörg Rüetschi, Leiter der «Aktualisierung der Roten Liste der Landschnecken der Schweiz»; Christoph Scheidegger, WSL, Abteilung Genetische Ökologie, Forschungsbereich Landschaft; Benedikt Schmidt, Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz, Karch; Beatrice Senn-Irlet, WSL, Abteilung Biodiversität, Forschungsbereich Landschaft; Beat Wermelinger, WSL, Abteilung Wald- und Umweltschutz, Forschungsbereich Wald; Gilles Gachet, Abram Pointet und Stéphane Joost, EPFL, Laboratoire de systèmes d'information géographique, Lasig; Nilüfer Gündüz, EPFL, Laboratoire de gestion des écosystèmes, Gecos; Jean-Marie Helbling, EPFL, Section des mathématiques; Alexandre Hirzel, Université de Lausanne, Département d'écologie et évolution; Lukas Meier, ETH Zürich, Statistische Beratung; Niklaus Zimmermann, WSL, Abteilung Landschaftsdynamik und Raumentwicklung, Forschungsbereich Landschaft; Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. Ganz herzlichen Dank auch an Markus Bolliger, Urs-Beat Brändli, Leo Bütler und Jean Combe für hilfreiche Kommentare zur Verbesserung des Manuskripts.

### 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, EPFL, Institut des Sciences et technologies de l'environnement, Station 2, 1015 Lausanne.  
E-Mail: rodolphe.schlaepfer@epfl.ch