

Totholz im Wald

Entstehung, Bedeutung und Förderung

Thibault Lachat, Peter Brang, Markus Bolliger, Kurt Bollmann, Urs-Beat Brändli, Rita Bütler, Steffen Herrmann, Olivier Schneider und Beat Wermelinger

Totholz gehört zum natürlichen Waldzyklus und ist die Lebensgrundlage für zahlreiche Arten. Obschon die Totholzmenge im Schweizer Wald seit einigen Jahrzehnten zunimmt, sind die Ziele im Bereich der Totholzförderung noch nicht erreicht. Anspruchsvolle Arten, die auf viel Totholz in einer bestimmten Qualität angewiesen sind, kommen im bewirtschafteten Wald kaum vor. Um diese Arten zu fördern, sind gezielte Massnahmen nötig.

Totholz sind abgestorbene Bäume oder Baumteile von unterschiedlicher Dimension und Qualität (Abb. 1): dünne Zweige oder dicke Stämme, stehend oder liegend, frisch oder vermodert. Auch Holzerntereste aus der Waldbewirtschaftung wie Baumstümpfe, Kronenastmaterial und minderwertige Stammteile, die im Wald liegen bleiben, sind Totholz. Dasselbe gilt für abgestorbene Teile lebender Bäume, etwa tote Äste in der Baumkrone oder faules Holz in Stammhöhlen. Dürre Äste, Moosbewuchs und Baumhöhlen sind wichtige Strukturen sogenannter Habitatbäume, die während des Reife- und Alterungsprozesses bis zum Absterben im Wald bleiben.

In erster Linie ist Totholz eine wichtige Lebensgrundlage für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten. Diese sind oft selber wieder Nahrung für andere Organismen, zum Beispiel für viele Spechtarten. Spechthöhlen in lebenden oder toten Bäumen werden von Hohltauben, Käuzen, Dohlen und anderen Vogelarten, aber auch von Siebenschläfern oder Fledermäusen weiter genutzt. Amphibien und Reptilien nutzen liegendes Totholz als Versteck zum Überwintern oder zum Sonnen. In Seen und Fließgewässern erhöht Totholz die Artenvielfalt der Kleintiere und nützt den Fischen, die zwischen den Ästen Deckung und Laichplätze finden.

Eine wichtige Rolle spielt Totholz bei der Waldverjüngung in feuchten, hochstaudenreichen Gebirgswäldern, wo teilweise mehr als die Hälfte aller Fichten



Abb. 1. Naturwälder sind im Vergleich zu bewirtschafteten Wäldern reich an Totholz.

auf Moderholz wächst (Abb. 2). Zudem schützt Totholz dort gegen Naturgefahren: Am Boden liegende Baumstämme oder stehende Baumstümpfe stabilisieren den Boden und helfen, Bodenerosion bei Starkregen und Lawinenanrisse zu verhindern. Quer oder schräg zum Hang liegende Stämme bilden eine wirksame Sperre gegen Steinschlag (Abb. 3). Massnahmen in der Schutzwaldbewirt-

schaftung bauen bewusst auf diese positiven Wirkungen. Zudem speichert Totholz Kohlenstoff und Wasser und beeinflusst damit den Kohlenstoff- und Wasserhaushalt im Wald positiv.

Umgekehrt gefährden herabfallende tote Äste Waldbesucher und Waldarbeiter. Totholz erhöht die Brandgefahr in Risikogebieten wie dem Laubwaldgürtel der Alpensüdseite, die Verklausungs-

gefahr in Gewässerrinnen und birgt phytosanitäre Risiken nach Windwürfen (BAFU 2008). Auf Windwurfflächen schützt liegendes Totholz zunächst zwar gut vor Naturgefahren, weil es sich aber zersetzt, kann bei langsam aufkommender Verjüngung die Schutzwirkung vorübergehend eingeschränkt sein.

Entstehung und Abbau von Totholz

Grössere Mengen an Totholz entstehen in der Regel nicht kontinuierlich, sondern bei waldbaulichen Eingriffen oder natürlichen Ereignissen wie Windwurf, Schneebruch und Borkenkäferbefall. Dies führt dazu, dass sich Menge und Qualität des Totholzes im Waldbestand ständig ändern (Abb. 4).

In Schweizer Naturwaldreservaten ist die jährliche Absterberate für Buche und Fichte bei kleinen Bäumen (BHD¹ < 20 cm) am grössten (Tab. 1). Bei dickeren Bäumen ist die Mortalität deutlich kleiner. Die Sterberate steigt markant bei heftigen Stürmen oder wenn ein Wald von Borkenkäfern heimgesucht wird – auch und gerade bei den exponierten, dickeren Bäumen. Wenn keine Störungen auftreten, ist die Mortalität von Buche und Fichte ähnlich. Auch die Höhenlage spielt dann keine grosse Rolle.

In bewirtschafteten Wäldern ist die natürliche Mortalität tiefer. Ein bedeutender Teil der Bäume wird durch die Holzernte entfernt. Dicke abgestorbene Bäume sind im Wirtschaftswald selten. Immerhin liefern Holzerntereste beachtliche Totholz mengen: Die Stöcke der geernteten Bäume bleiben in der Regel im Boden, und Äste, Kronen- und Stammteile werden oft im Wald liegen gelassen. Nachdem die Vivian- und Lothar-Sturmflächen geräumt waren, blieben durchschnittlich 75 m³/ha Totholz zurück (PRIEWASSER *et al.* 2013). Heute sind vermutlich die Ernterückstände wegen des Energieholzbedarfs geringer. Das Absterben von Baumteilen ist wenig untersucht, spielt volumenmässig aber keine grosse Rolle. Zählt man natürliche Baum mortalität, Holzerntereste und abgestorbene Baumteile zusammen, dürfte die Totholzmenge in bewirtschaft-



Abb. 2. Vermoderndes Holz ist für die natürliche Verjüngung in feuchten, hochstaudenreichen Gebirgswäldern von grosser Bedeutung.



Abb. 3. Schräg zum Hang liegendes Totholz kann Steine und kleinere Felsbrocken stoppen. Diese bedeutende Schutzwirkung ist aber nur temporär.

¹ BHD = Brusthöhendurchmesser, Durchmesser auf 1,3 m Höhe.



Abb. 4. Schematische Darstellung der Tothholzdynamik. Natürliche Baumsterblichkeit z. B. durch Konkurrenz, Windwurf, Borkenkäfer, Alter (a), Waldbewirtschaftung (b) und das Absterben von Baumteilen (c) schaffen Tothholz. Dieses Tothholz wird mit der Zeit zersetzt, und die Lebensbedingungen verändern sich stetig. Dies führt zu charakteristischen Besiedlungsabfolgen mit vielfältigen Artengemeinschaften.

teten Schweizer Wäldern ohne natürliche Störungen zukünftig pro Jahr um durchschnittlich 0,5 bis 1 m³/ha zunehmen (Annahmen: Absterberate 0,1 bis 0,25 % bei einem durchschnittlichen Holzvorrat von 370 m³/ha). Auf wüchsigen Standorten dürfte die Zunahme grösser sein als auf mageren Standorten.

Kaum ist ein Baum abgestorben, und teils schon vorher, beginnt der Abbau des Holzes. Dabei wirken Insekten, Pilze und andere Organismen in vielfältiger Weise zusammen. Bei der kontinuierlich verlaufenden Zersetzung nimmt die Masse des Tothholzes ab, und seine Beschaffenheit verändert sich. Das Holz zersetzt sich je nach Baumart unterschiedlich schnell (Tab. 2). Zudem verläuft die Zersetzung schneller, je dünner ein Baum ist und je wärmer oder feuchter sein Standort ist. Bodenkontakt beschleunigt die Zersetzung, weshalb sich stehend abgestorbene Bäume (besonders Nadelbäume) langsamer zersetzen als liegende. Tothholz von Buchen ist in etwa 25 Jahren, das von Fichten und Tannen in etwa 80 Jahren zu 95 Prozent abgebaut.

Während des Tothholzabbaus unterscheidet man verschiedene Zersetzungs-

Tab. 1. Jährliche Absterberaten (in % der lebenden Bäume) von Buche und Fichte nach Durchmesser-Klassen in elf Naturwaldreservaten der Schweiz. Störung = Windwurf oder Borkenkäferfall.

Baumart	Höhenlage (m ü. M.)	Störung	Absterberaten pro BHD-Klasse			
			<20 cm	20–40 cm	>40 cm	Mittelwert
Buche	<1000	Nein	3,8 %	0,4 %	0,2 %	1,4 %
Fichte	<1000	Nein	2,6 %	0,7 %	0,4 %	1,1 %
	>1000	Nein	1,6 %	0,8 %	0,6 %	0,9 %
		Ja	2,4 %	3,2 %	3,9 %	3,1 %

Tab. 2. Zersetzungsgeschwindigkeit der Baumarten (nach DIN EN 350-2, verändert).

Zersetzungsgeschwindigkeit	Baumarten
sehr schnell	Birke, Buche, Esche, Linde, Pappel
schnell	Tanne, Fichte
mässig schnell	Föhre, Lärche, Douglasie
langsam bis sehr langsam	Eibe, Eiche, Edelkastanie, Robinie

grade (Abb. 5), vom festen Tothholz frisch abgestorbener Bäume bis hin zum lockeren Mulmholz, das sich kaum mehr vom organischen Boden unterscheidet. Obwohl das Tothholzvolumen während der Zersetzung abnimmt, kommt es

unter natürlichen Bedingungen in allen Zersetzungsgraden in ähnlichen Mengen vor. Der Grund liegt darin, dass die Frischholzphase am kürzesten und die Mulmholzphase am längsten dauert. Trotz des Abbaus führt dies zu einer Ak-

Frischholz

saftführend

Hartholz

saftlos, fest; das Messer dringt in Faserrichtung nur sehr schwer ein

Morschholz

weniger fest; das Messer dringt in Faserrichtung leicht ein, nicht aber quer

Moderholz

weich; das Messer dringt in jeder Richtung leicht ein

Mulmholz

sehr locker oder pulverig;
kaum noch zusammenhängend



Abb. 5. Bestimmung der Zersetzungsgrade mithilfe der Sackmesser-Methode, wie sie im Schweizerischen Landesforstinventar verwendet wird.

kumulation des Totholzes in den späten Zersetzungsphasen. So ist in Schweizer Naturwaldreservaten ein erheblicher Anteil des Totholzes als Morsch- oder Moderholz vorhanden (HERRMANN *et al.* 2012).

In bewirtschafteten Wäldern war Holz als Brenn- oder Baustoff über Jahrhunderte sehr begehrt. Auch dürre Bäume wurden fast restlos genutzt. So war Totholz in den Wäldern Zentraleuropas – auch in schwer zugänglichen Gebieten – lange Zeit kaum mehr vorhanden. Als der Holzbedarf nicht mehr so gross war, räumte man herumliegendes Holz oft aus purem Ordnungssinn oder Gründen des Waldschutzes weg.

Totholz im Schweizer Wald

Die Totholzmenge in der Schweiz nimmt seit dem Zweiten Weltkrieg zu. Seit den 1980er-Jahren hat sie gemäss Schweizerischem Landesforstinventar (LFI) stark zugenommen (BRÄNDLI 2010) – hauptsächlich als Folge der Orkane Vivian (1990) und Lothar (1999). Dazu kommt, dass die Holzernte in schlecht zugänglichen Gebieten nicht mehr rentabel ist. Es bleiben wieder mehr abgestorbene Bäume im Wald als früher. 20 Prozent der Schweizer Waldbestände werden gemäss LFI 2009/17 seit über 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet (BRÄNDLI *et al.* in Vorb.). Nicht zu vergessen ist dabei, dass heute Waldbesitzer und Bewirt-

schafter besser über die ökologische Bedeutung des Totholzes informiert sind.

Das LFI vermittelt einen repräsentativen Überblick über das Totholzvorkommen im Schweizer Wald. Totholz wird im LFI mit zwei verschiedenen Methoden erhoben. Erstens werden die toten stehenden und liegenden Probestämme² ab 12 cm Durchmesser erfasst. Gemessen wird der Durchmesser 1,3 m über dem Boden beziehungsweise ab den Wurzelanläufen bei liegenden Bäumen. Das daraus berechnete Totholzvolumen (Abb. 6) kann mit den meisten Totholzmessungen und ökologischen Schwellenwerten aus dem Ausland verglichen werden. Das Schweizer Totholzvolumen beträgt im LFI 2009/17 durchschnittlich 24 m³/ha (BRÄNDLI *et al.* in Vorb.). Mit der zweiten Aufnahmemethode wird zusätzlich zu den Probestämmen alles liegende Totholz ab 7 cm Durchmesser mit einer Transekt-Methode gemessen. Dabei werden auch Reste von geernteten Probestämmen erfasst. Mit der zweiten Erfassungsmethode resultiert eine höhere durchschnittliche Totholzmenge von 34 m³/ha. Diese Messgrösse kommt der tatsächlichen Totholzmenge näher. Stehende Wurzelstöcke von weniger als 1,3 m Höhe, kleinere Äste unter 7 cm Durchmesser und Totholz in der Baumkrone werden aber auch mit dieser Methode nicht erfasst. Die beiden Mittelwerte für das Totholzvolumen und die Totholzmenge unterscheiden sich um über 40 Prozent. Dieser grosse Unterschied erklärt sich durch den in bewirtschafteten Wäldern hohen Anteil Totholz mit kleinem Durchmesser.

Wie sich Totholz mengen künftig entwickeln, lässt sich mit Modellen vorher sagen. Wenn eine bestimmte Totholzmenge angestrebt wird, sind solche Abschätzungen wichtig. Dabei müssen Informationen zu Totholz entstehung und Totholzabbau sowie den bereits vorhandenen Totholz mengen und -qualitäten (Zersetzungsgrad) berücksichtigt werden. Das hier gezeigte Modell (DE-LONG *et al.* 2004; Abb. 7) basiert auf Entstehung und Abbau von Totholz und erlaubt es, Totholzbilanzen für Schweizer Verhältnisse zu berechnen.

² Baum auf einer Probestfläche des LFI mit BHD ≥ 12 cm. Bäume mit Schaftbrüchen oberhalb von 1,3 m werden mitberücksichtigt.

Schweiz: $24 \pm 1 \text{ m}^3/\text{ha}$

- bis $15 \text{ m}^3/\text{ha}$
- $16\text{--}20 \text{ m}^3/\text{ha}$
- $21\text{--}25 \text{ m}^3/\text{ha}$
- $26\text{--}30 \text{ m}^3/\text{ha}$
- über $30 \text{ m}^3/\text{ha}$

Totholzvolumen LFI 2009/17

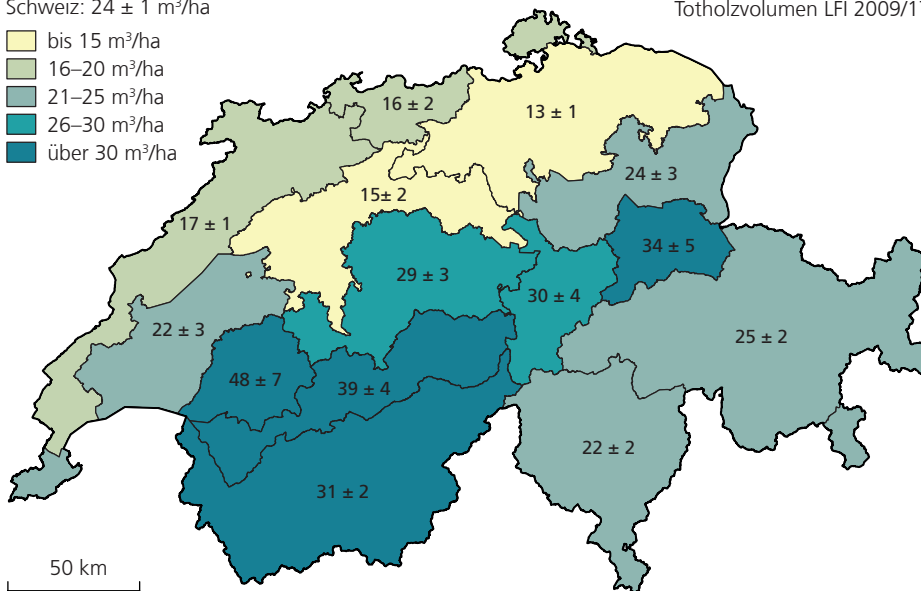
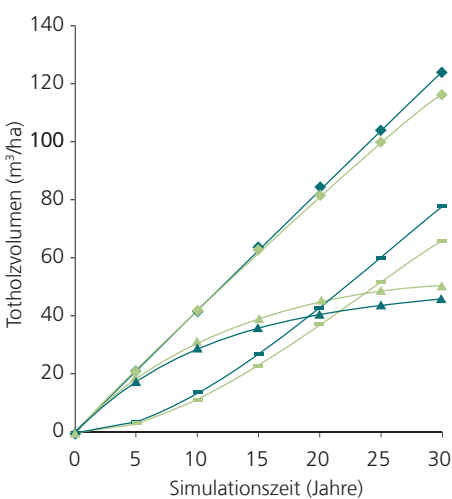


Abb. 6. Totholz in den Wirtschaftsregionen der Schweiz gemäss LFI 2009/17 (BRÄNDLI *et al.* in Vorb.).

Stangenholz



- Totholz Fichte
 - ▲ stehend
 - liegend
 - ◆ gesamt
- Totholz Buche
 - ▲ stehend
 - liegend
 - ◆ gesamt

Baumholz

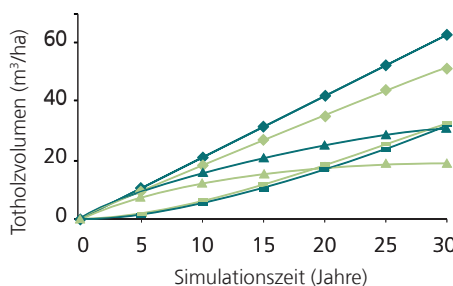


Abb. 7. Modellierter Totholzzufluss über 30 Jahre für Fichten- und Buchenbestände ohne Holznutzung, getrennt nach stehendem und liegendem Totholz. Annahmen für die Ausgangsbestände für Stangenholz (links): Holzvorrat = $180 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Fichte) bzw. $220 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Buche). BHD Grundflächen-Mittelstamm = 15 cm . Annahmen für Baumholz (rechts): Holzvorrat = $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Fichte) bzw. $400 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Buche). BHD Grundflächen-Mittelstamm = 35 cm (Fichte) bzw. 30 cm (Buche). Beide Bestände enthalten am Anfang kein Totholz.

Die dargestellten Szenarien der Totholzzufluss für ein schwaches Stangenholz beziehungsweise ein schwaches Baumholz (Ertragstafel-Bonität 20) von Fichte und Buche zeigen, dass zu Beginn mehr stehendes als liegendes Totholz entsteht. Nach 20 bis 30 Jahren überwiegt liegendes Totholz. Beim Stangenholz sind die anfallenden Totholzmengen grösser als beim Baumholz. Die Simulationen gehen davon aus, dass

weder Stürme noch andere Störungen die Mortalität erhöhen, und dass keine Bäume genutzt werden. Die Werte stellen ein Potenzial dar, das in der Natur auch tatsächlich ausgeschöpft wird: In Schweizer Naturwaldreservaten entstehen nach einigen Jahrzehnten ohne Holznutzung Totholzmengen von 50 bis $130 \text{ m}^3/\text{ha}$, nach Störungen sogar $390 \text{ m}^3/\text{ha}$ (HERRMANN *et al.* 2012). Würden drei Viertel des Holzes genutzt

(normale Holznutzung unter heutigen Verhältnissen), fiel bei der Modellrechnung die Totholzzufluss im schwachen Stangenholz über 30 Jahre auf rund $30 \text{ m}^3/\text{ha}$, im schwachen Baumholz auf $15 \text{ m}^3/\text{ha}$. Auch diese Werte entsprechen der im LFI beobachteten realen Totholz-Zunahme im bewirtschafteten Wald.

Totholz als Lebensraum

Totholz ist ein sehr artenreicher Lebensraum. Oft gilt: Je grösser die Totholzmenge, desto mehr Totholzorganismen kommen vor. Dieser Zusammenhang ist in borealen Wäldern stark, in gemässigten Zonen schwächer ausgeprägt (LASSAUCE *et al.* 2011). In unseren Breitengraden ist neben der Totholzmenge auch die Diversität von Totholz wichtig. Diese Vielfalt entsteht durch die unterschiedlichen beteiligten Baumarten, die Position (liegend/stehend), die Dimension (dünn/dick), die Exposition (besont/beschattet), das Mikroklima (trocken/feucht) und den Zersetzungsgrad (s. Abb. 5) des toten Holzes. Dies führt in totholzreichen Waldbeständen zu vielfältigen Artengemeinschaften mit charakteristischen Besiedlungsabfolgen. Etwa ein Viertel aller Waldarten benötigt Totholz. Insekten und Pilze sind dabei die artenreichsten Gruppen. In der Schweiz sind über 1700 Käferarten und über 2700 Grosspilze (Abb. 8 und Tab. 4) auf Totholz angewiesen. Weitere von Totholz abhängige Arten gibt es bei den Moosen, Flechten und Vögeln (insbesondere Spechte, aber auch sekundäre Baumhöhlenbesiedler wie Käuze oder die Hohltaube). Mehrere Fledermaus-, Amphibien- und Reptilienarten sind sogenannte Totholznutzer. Der enger gefasste Ausdruck «xylobionte Art» wird vor allem für Insekten verwendet, die sich entweder von Holz ernähren oder mindestens einen Teil ihres Lebens im Holz verbringen (griechisch «xylon» für Holz und «bios» für Leben). Auch Räuber oder Parasiten von xylobionten Arten zählen zur Gruppe der Totholznutzer wie auch solche, die sich von holzabbauenden Pilzen ernähren (SPEIGHT 1989).

Wie ein Baum abstirbt, hat ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Artenzusammensetzung im Totholz. Zum Beispiel kann ein alter Baum mehrere Jahre bis Jahrzehnte stehen bleiben, bevor

er umfällt. Viele Totholzarten lösen einander während dieser langen Zeit ab und schaffen neue Mikrohabitate (z. B. Höhlen, Gänge, Kot). Kippt ein lebender Baum durch einen Windwurf, verläuft die Besiedlungsabfolge anders, weil die lange Alters- und Sterbephase fehlt.

Die meisten holzbesiedelnden Insekten und Pilze sind entweder auf Laubholz oder Nadelholz spezialisiert (STOKLAND

et al. 2012). Einige Arten sind sogar auf ein noch engeres Spektrum an Wirtspflanzen angewiesen. Vor allem Pionierbesiedler wie Borkenkäfer sind oft auf eine einzige Baumgattung spezialisiert. Mit fortschreitendem Holzabbau nimmt die Wichtigkeit der Baumart für xylobionte Arten ab, weil sich die physikalischen und chemischen Totholzeigenschaften zwischen den verschiedenen

Baumarten immer weniger unterscheiden. Dafür wird der Feuchtigkeitsgehalt immer wichtiger.

Der Holzdurchmesser beeinflusst die Habitateigenschaften für xylobionte Arten stark. Erstens ist die Rinde bei alten, grossen Bäumen dicker und meist rauer als bei jungen Bäumen. Das ist wichtig für die Rindenbrüter. Zweitens haben dickere Bäume weniger Oberfläche pro Volumen als dünnere Bäume. Dieses Verhältnis beeinflusst das Mikroklima (Feuchtigkeit und Temperatur) im Holzinneren, das in dickerem Totholz stabiler ist. Beständiger ist dieses Habitat auch, weil sich dickes Totholz langsamer abbaut als dünnes. Totholz grösserer Dimensionen (für Buche ab etwa 50 cm Durchmesser) bietet eine grössere Habitatvielfalt, da dickes Totholz oft mehrere Abbauzustände gleichzeitig aufweist. Bei gleichem Volumen findet man auf dicken und dünnen Totholzstücken zwar gleich viele Arten, deren Zusammensetzung unterscheidet sich jedoch deutlich (STOKLAND *et al.* 2012). Totholz grösserer Dimensionen kann also nicht durch das gleiche Volumen kleinerer Dimensionen ersetzt werden (BRIN *et al.* 2011). Für die Erhaltung der Lebensgemeinschaft von xylobionten Arten ist eine grosse Vielfalt an Totholzdurchmessern wichtig. Da dickes Totholz im bewirtschafteten Schweizer Wald selten ist, sollte es bei der Totholzförderung Priorität haben (Abb. 9).

Während des Abbauprozesses ändern sich die Lebensbedingungen für die Organismen im Totholz. Deshalb verschwinden lokal Arten und besser angepasste etablieren sich. Grob können drei Sukzessionsphasen unterschieden werden (nach STOKLAND *et al.* 2012): 1. Besiedlung durch primäre xylobionte Arten, 2. Ersatz von primären durch sekundäre Xylobionten während des Abbaus und 3. Ersatz der xylobionten Arten durch Bodenorganismen während der Humifizierung.

Um xylobionte Arten in einem Gebiet langfristig zu erhalten, müssen stets alle Sukzessionsphasen vorhanden sein. Auch der Artenreichtum ist stark vom Abbauprozess beeinflusst. Die Ständerpilze (Basidiomycota) zum Beispiel weisen sowohl auf Laub- als auch auf Nadelholz die höchste Artenvielfalt bei mittleren Abbaustadien auf, wogegen die Artenvielfalt xylobionter Käfer auf Nadelbäumen am Anfang des Abbaus,



Abb. 8. Viele saprophytische Pilze wie der Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) sind an Totholz und sogar an bestimmte Abbauphasen des Holzes gebunden. Siehe dazu *Pilze schützen und fördern* (WSL-Merkblatt für die Praxis Nr. 49).



Abb. 9. Totholz grösserer Dimensionen ist Mangelware im Schweizer Wald.

auf Laubbäumen in den mittleren und späten Abbaustadien am grössten ist (STOKLAND *et al.* 2012).

Totholz-Schwellenwerte

Wie viel Totholz ist nötig, um gefährdete Arten zu erhalten? Diese Frage kann mithilfe von sogenannten Schwellenwerten beantwortet werden. Damit werden die Mindestmengen an Totholz bezeichnet, die für die Erhaltung spezialisierter Arten notwendig sind. Es ist wichtig, ökologische Schwellenwerte für möglichst viele Arten zu bestimmen, um die Zielwerte für Totholzmengen besser definieren zu können. Solche Zielwerte wurden vom Bundesamt für Umwelt in der Waldpolitik 2020 festgelegt (BAFU 2013): für Jura, Mittelland und Alpensüdseite 20 m³/ha; für Voralpen und Alpen 25 m³/ha. Eine Literaturstudie zu Schwellenwerten für totholzabhängige Organismen zeigt, dass die meisten Arten mit Totholzvolumen von 20 bis 50 m³/ha überleben können (Tab. 3; MÜLLER und BÜTLER 2010). Aus naturschutzfachlicher Sicht sind diese Werte Zielgrössen für den Wirtschaftswald. Diese Schwellenwerte genügen jedoch kaum für den Erhalt seltener und anspruchsvoller Arten, die auf über 100 m³/ha Totholz angewiesen sein können. Zum Beispiel benötigt die Zitronengelbe Tramete (*Antrodiella citrinella*), ein sehr seltener Pilz, Totholzvolumen von mehr als 120 m³/ha (BÄSSLER und MÜLLER 2010) und der Dreizehenspecht (*Picoides tridactylus*) nistet in der Regel nur in Wäldern mit mindestens 74 m³/ha Totholz (KRATZER 2008). Geeignete Instrumente für die Förderung solcher Arten sind Naturwaldreservate oder Altholzinseln (BOLLMANN und BRAUNISCH 2013).

Defizite trotz beachtlicher Durchschnittswerte

Das durchschnittliche Totholzvolumen im Schweizer Wald (24 m³/ha) reicht für den Erhalt vieler Totholzorganismen aus. Es bestehen aber regionale und lokale Defizite. Regional am grössten sind die Defizite in den gut erschlossenen Wäldern im Mittelland und im Jura. Im Mittelland weisen nur jene Gebiete hohe Totholzvolumen auf, die von Stürmen betroffen waren. Auch in den Natur- und Urwäldern Europas ist die räum-

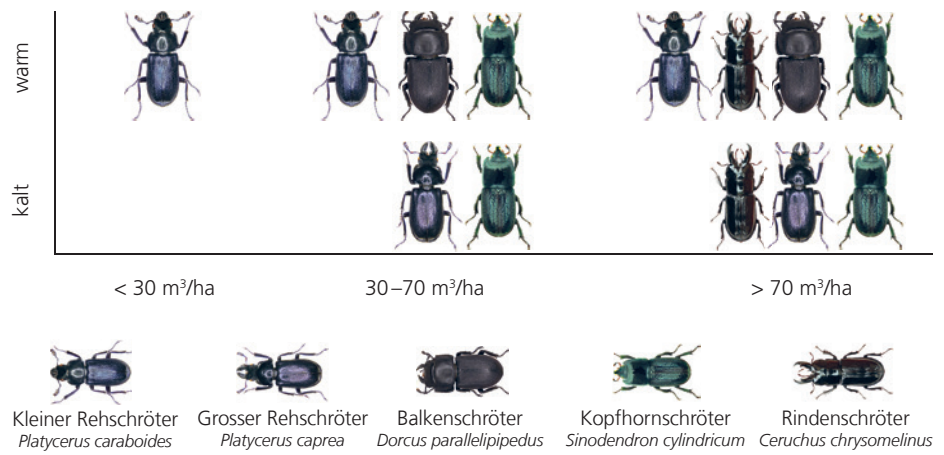
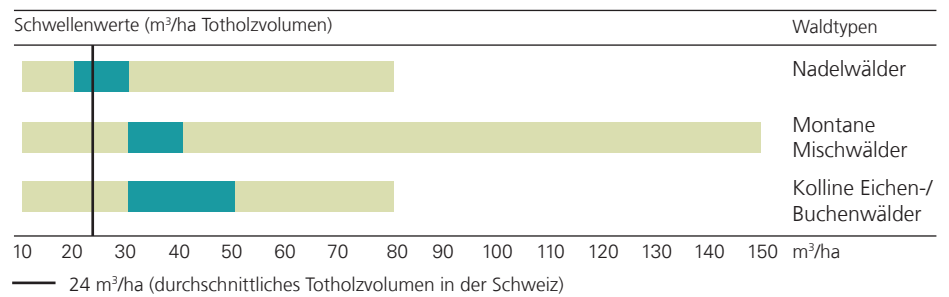


Abb. 10. Die Vertreter der Familie der Schröter (Lucanidae) sind in Buchenwäldern gute Indikatoren für Totholzmenge und Temperatur (LACHAT *et al.* 2012).

Tab. 3. Schwellenwert-Bereiche für das benötigte Totholzvolumen verschiedener xylobionter Arten in europäischen Wäldern. Im dunkleren Bereich überleben die meisten der Arten, der ganze Balken zeigt die Bandbreite, in dem die untersuchten Arten vorkommen (MÜLLER und BÜTLER 2010).



liche Variabilität der Totholzmengen sehr gross. Diese schwanken meistens zwischen einigen Dutzend und mehreren Hundert Kubikmetern pro Hektare. Die durchschnittliche Totholzmenge ist aber mit rund 140 m³/ha viel höher. Im grössten Buchenurwald Europas (Uholka in der Ukraine) beträgt sie sogar 163 m³/ha (COMMARMOT *et al.* 2013). Besonders mangelt es im Schweizer Wald an Totholz grösserer Durchmesser in fortgeschrittenen Zersetzungsstadien, weil dies grosse, absterbende Bäume voraussetzt, die oft nur in unbewirtschafteten, alten Beständen vorhanden sind.

Indikatorarten

Xylobionte Käfer sind wegen ihrer hohen spezifischen Ansprüche an den Lebensraum sehr gute Indikatorarten. Beispielsweise benötigen die Vertreter der kleinen Familie der Schröter (Lucanidae) unterschiedliche Kombinationen von Totholzmengen und Temperatur (LACHAT *et al.* 2012, Abb. 10). Sie zeigen damit die Habitatqualität in Bu-

chenwäldern perfekt an. Andere grosse Käferarten sind gute Indikatoren für die Naturnähe, weil sie nur in naturnahen Wäldern ohne Bewirtschaftung vorkommen, wo grösser dimensioniertes Totholz vorhanden ist (GOSSNER *et al.* 2013).

Für Zentraleuropa wurde eine Liste von 168 Urwaldreliktarten erarbeitet (ECKELT *et al.* 2018). Urwaldreliktarten stellen hohe Ansprüche an Totholzqualität und -quantität und sind auf kontinuierlich vorkommende Alters- und Zerfallsphasen angewiesen (BUSSLER 2008). Der Alpenbock (*Rosalia alpina*; Abb. 11) und der in West- und Mitteleuropa sehr seltene Ungleiche Furchenwalzkäfer (*Rhyssodes sulcatus*) sind Urwaldreliktarten. Mangels Urwäldern sind Reliktarten bei uns äusserst selten und kommen fast nur noch in nicht oder nicht mehr bewirtschafteten Waldbeständen vor. In Schweizer Buchenwäldern wurden sieben Urwaldreliktarten nachgewiesen – bis auf eine Art alle in Wäldern ohne Bewirtschaftung, was deren Wert für den Naturschutz unterstreicht.

Tab. 4. Artenreichtum verschiedener Organismengruppen in der Schweiz mit Gesamtartenzahl, Anzahl Totholznutzer pro Artengruppe und Anzahl national prioritärer Arten unter den Totholznutzern.

Gruppe	Gesamtartenzahl	Totholznutzer	national prioritäre Totholzarten
Pilze	7526	2750 (37%)	256 (9%)
Käfer	6229	1743 (28%)	94 (5%)*
Flechten	1795	157 (9%)	47 (30%)**
Moose	1093	32 (3%)	8 (25%)
Vögel	217	30 (14%)	8 (25%)
Fledermäuse	30	23 (77%)	13 (57%)

* nur vier Käferfamilien berücksichtigt (Buprestidae, Cerambycidae, Lucanidae, Cetoniidae)

** inklusive Vorschlag für totholzbewohnende Flechten

Prioritäre Arten im Totholz

Viele totholzabhängige Tier-, Pflanzen-, Flechten- und Pilzarten stehen auf der Liste der national prioritären Arten (BAFU 2011; Tab. 4). Diese sind in der Schweiz gefährdet. Die Schweiz hat für deren Erhaltung eine besondere Verantwortung, die sich darin begründet, dass die Populationen beziehungsweise Verbreitungsgebiete dieser Arten zu einem bedeutenden Teil in der Schweiz liegen.

Von 256 der 2016 erstmals bewerteten Holzkäferarten der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter befinden sich 118 (46 %) gemäss IUCN-Kriterien auf der Roten Liste (MONNERAT *et al.* 2016). Diese bedrohten Käferarten finden günstigste Lebensbedingungen in alt- und totholzreichen Waldbeständen.

Rechtliche Aspekte

Der Schweizer Wald ist gemäss Waldgesetz (Art. 1 Abs. 1 WaG; SR 921.0) des Bundes als naturnahe Lebensgemeinschaft zu schützen (Bst. b) und nachhaltig zu bewirtschaften (Bst. c). Zudem hat er eine wichtige Erholungsfunktion für Besucher, die sowohl nach dem Zivilgesetzbuch (Art. 699 ZGB; SR 210) als auch nach dem Waldgesetz (Art. 14) den Wald frei betreten dürfen.

Wer haftet bei herunterfallendem Totholz?

Dürrständer und dürre Äste bergen potenzielle Gefahren für Erholungssuchende oder Waldarbeiter. Grundsätzlich trifft die Waldbesitzer keine Bewirtschaftungspflicht, und Waldbesucher betreten den Wald auf eigenes Risiko. Geschädigte haften deshalb selbst für im Wald erlittene Schäden. Dies trifft in besonderem Mass zu, wenn sie elementare Sorgfaltsregeln missachten, beispielsweise bei Sturm im Wald spazieren gehen oder Warnschilder ignorieren (Selbstverschulden der Geschädigten).

Eine wichtige Ausnahme davon bildet die Werkeigentümerhaftung nach Obligationenrecht (Art. 58 OR; SR 220). Ein Werk ist rechtlich definiert als künstlich angeordneter Gegenstand, der mit der Erde verbunden ist, wie zum Beispiel eine Strasse oder ein Weg. Der Werkeigentümer hat im Rahmen des Zumutbaren für die sichere Benutzung seines

Spechte im Vormarsch

Acht Spechtarten brüten regelmässig im Schweizer Wald. Viele von ihnen finden ihre Nahrung (Insektenlarven) bevorzugt im Totholz. Sechs Arten zeigen in den letzten Jahren einen positiven Populationstrend. Auch wenn weitere Faktoren wie das wärmere Klima diesen Trend begünstigen, spielt die Zunahme von Alt- und Totholz in der Schweiz bei dieser erfreulichen Entwicklung vermutlich eine wichtige Rolle (MOLLET *et al.* 2009). Einen positiven Populationstrend zeigen auch andere, sekundäre Baumhöhlenbesiedler wie Hohltaube, Trauerschnäpper und Mönchsmeise.



Buntspecht

Quartiere für Fledermäuse

Mehrere Fledermausarten nutzen Höhlen und Spalten an stehenden Bäumen. Die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) profitiert zum Beispiel von alten, lebenden oder toten Bäumen mit Rindentaschen. Wieder vermehrt lebt die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteini*) in Laubwäldern im Tiefland, wo auch der Mittelspecht zugenommen hat. Verlassene Mittelspecht-Bruthöhlen werden von dieser Fledermausart angenommen. Die Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) nutzt Baumhöhlen in Wäldern als Sommerquartier. Spalten oder Risse an Dürrstämmen sind wichtig für die Nymphenfledermaus (*Myotis alcathoe*) oder die Grosse Bartfledermaus (*Myotis brandtii*).



Wasserfledermaus

Werkes zu sorgen. Dies betrifft nicht nur den Weg oder die Strasse selbst, sondern beispielsweise auch den Schutz vor herunterfallenden Ästen.

Massgebend für die Beurteilung der Zumutbarkeit von Sicherungsmassnahmen ist das Verhältnis von Aufwand, Schadenpotenzial und Wahrscheinlichkeit, dass ein Schaden eintritt. Bei viel begangenen Erholungswäldern sind die Sicherungspflichten tendenziell höher.

Empfehlungen für Waldbesitzer und Arbeitgeber

Entlang von Strassen, viel begangenen Wegen, Sportparcours und Erholungszonen (eingerrichtete Picknickplätze, Feuerstellen usw.) ist es wichtig, das Risiko stehender toter Bäume periodisch zu beurteilen und diese falls nötig zu fällen. Wie oben erwähnt, sollen sich diese Sicherungsmassnahmen im Rahmen des Zumutbaren bewegen. Wichtig ist, die getroffenen Massnahmen zu dokumentieren. Didaktische Hinweistafeln am Rande von Waldreservaten oder Altholzinseln, die auf potenzielle Gefahren aufmerksam machen, erhöhen die Sorgfaltspflicht für potenziell Gefährdete und wirken gegebenenfalls haftungsmindernd.

Gemäss OR hat der Arbeitgeber für die Sicherheit seiner Arbeitnehmer zu sorgen (Art. 328 Abs. 1). Er muss die dafür notwendigen Massnahmen treffen. Diese Pflicht entspricht dem Grundsatz des Unfallversicherungsgesetzes (Art. 82 Abs. 1 UVG; 832.20), wonach der Arbeitgeber verpflichtet ist, «zur Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten alle Massnahmen zu treffen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den gegebenen Verhältnissen angemessen sind». Die Ausbildung ist dabei ein zentrales Element: Die Waldarbeiter müssen angemessen sensibilisiert und instruiert werden, wie man in Wäldern mit erhöhtem Alt- und Totholzanteil die Arbeitssicherheit gewährleistet.

Letztlich gehören Waldreservate, Habitatbäume und Altholzinseln zu einer modernen Waldbewirtschaftung (BAFU 2013). Daher ist mit allfälligen Gefahren zu rechnen. Obwohl bis heute kein juristischer Präzedenzfall in Zusammenhang mit Totholz in der Schweiz bekannt ist, bleibt die juristische Situation für die Waldeigentümer und Bewirtschafter



Abb. 11. Der Alpenbock braucht für die Entwicklung der Larven über mehrere Jahre totes Buchenholz, das zudem von der Sonne beschienen sein sollte.

unbefriedigend, so zum Beispiel dort, wo Werk- und Waldeigentümer nicht dieselben sind. Zudem bewirken die Empfehlungen «nur» eine Haftungsminderung. Die Waldbesitzer würden lieber einen Haftungsausschluss sehen.

Totholz fördern

Totholz und seine Lebensgemeinschaften sind gute Indikatoren für die Artenvielfalt sowie für die Naturnähe des Ökosystems Wald. Totholzorganismen zu fördern ist ein Beitrag zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Sinne einer gleichwertigen Erfüllung aller Waldfunktionen und Leistungen. Auf der ganzen Waldfläche sollte eine minimale Totholzmenge vorkommen. Es ist aber grundsätzlich besser, einige Bestände mit überdurchschnittlich viel Totholz zu haben, als grossräumig tiefere Totholz-mengen, die dann für spezialisierte Arten doch nicht ausreichen.

Das Bundesamt für Umwelt unterstützt im Rahmen der Schweizer Waldpolitik (WAP-CH 2004, BAFU 2013) zwei wirksame, flächenbezogene Massnahmen für die natürliche Waldentwicklung und Förderung von Totholz finanziell: die Schaffung von Waldreservaten und von Altholzinseln. Bund und Kantone streben bis 2030 an, dass zehn Prozent der Schweizer Waldfläche als Reservate unter Schutz stehen, davon etwa die Hälfte als Naturwaldreservate, wo keine Nutzung mehr stattfinden soll. Im Rahmen der Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen wird auch das Stehenlassen von Habitatbäumen finanziell unterstützt.

Neben vertraglich geschützten Waldbeständen gibt es in der Schweiz zahlreiche Wälder, die in den letzten 50 Jahren ohnehin nicht mehr bewirtschaftet wurden. Der Anteil solcher Wälder liegt bei 1 % im Mittelland, 6 % im Jura und über 50 % in den Südalpen. Solche Wälder weisen ein hohes Potenzial für die Erhaltung von Totholzorganismen auf.

Es gibt zwar keine Garantie dafür, dass diese Wälder dauerhaft ungenutzt bleiben, zahlreiche dieser Flächen werden aber in absehbarer Zeit kaum wieder bewirtschaftet werden. Sie sollen daher konsequent in die Totholzförderung einbezogen werden.

Ratschläge für die Totholzförderung

Die Totholzförderung kann auf verschiedenen Ebenen, von der regionalen Planung bis zur Holzernte, stattfinden. In Waldentwicklungsplänen werden regionale Zielvorgaben definiert und potenzielle Waldreservate ausgewiesen. In Form von Waldreservaten und Altholzinseln wird die Totholzförderung mit dem Waldeigentümer vertraglich langfristig gesichert (segregativer Ansatz).

In Betriebsplänen sollte das Stehenlassen von Totholz und Habitatbäumen als Ziel formuliert sein (integrativer Ansatz). Nur durch die Sensibilisierung und Aus- und Fortbildung des Forstpersonals können Habitatbäume nachhaltig erhalten werden. Bei der Anzeichnung sollten immer auch Überlegungen zu Habitatbäumen gemacht werden. Die grösste Gefahr für Habitatbäume droht durch unabsichtliches Fällen. Eine dauerhafte Markierung der Bäume und eventuell das Eintragen der Habitatbäume auf Plänen helfen, dies zu verhindern. Neben ökologischen und ökonomischen Aspekten ist bei diesem Schritt auch die Sicherheit der Waldarbeiter und Waldbesucher zu berücksichtigen.

Liegendes Totholz wird während der Holzernte gefördert, indem Erntereste oder ganze Bäume minderer Qualität im Wald liegen bleiben. Ein regelmässiger Totholznachschub wird bei der Holzernte durch konsequentes Liegenlassen von ganzen Baumkronen ab dem ersten grossen Ast erreicht. Zwischen gesteigertem Energieholzbedarf und Totholzförderung besteht offensichtlich ein Interessenskonflikt.

Vernetzung von Lebensräumen

Damit totholzabhängige Organismen langfristig überleben, braucht es vielfältige, totholzreiche Lebensräume. Naturwaldreservate sind Kernlebensräume und bieten vielen xylobionten Arten eine unentbehrliche Lebensgrundlage. Altholzinseln, Habitatbäume und auch Totholz in bewirtschafteten Wäldern

sind kleinräumige Habitate und bieten die Möglichkeit, Naturwaldreservate miteinander zu vernetzen (Abb. 12). Einerseits fördern diese Trittsteine den Austausch von Individuen zwischen Populationen. Andererseits sind sie selber Lebensräume. So besiedelt der Eremit (*Osmoderma eremita*; Abb. 13), ein äusserst seltener und stark gefährdeter Käfer, ausschliesslich grössere Baumhöhlen mit Mulmablagerungen. Ein einziger Baum kann Generationen dieser Käfer über viele Jahre beherbergen.

Es gibt kein allgemeingültiges Rezept für die Vernetzung der drei Komponenten Naturwaldreservate, Altholzinseln und Habitatbäume in der Landschaft. Die Ansprüche von mobilen, flugfreudigen und von sesshaften, wenig mobilen Totholzarten unterscheiden sich stark. Zudem sind die Prozesse des Individuen- und Genaustauschs für viele Arten noch wenig bekannt, wie auch die Distanzen zwischen den Lebensräumen, die sie maximal überwinden können. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass xylobionte Käfer und saprophytische Pilze eher durch die Kolonisation und Etablierung und nicht durch die Ausbreitung limitiert sind (KOMONEN und MÜLLER 2018). Lebensräume mit viel qualitativ gutem Totholz dürften für den Erhalt von Totholzorganismen also wichtiger sein als die räumliche Verteilung des Totholzes im Wald (SEIBOLD *et al.* 2017). Daher sollten Naturwaldreservate und Altholzinseln mit überdurchschnittlich hohen Totholzmengen wo immer möglich gefördert

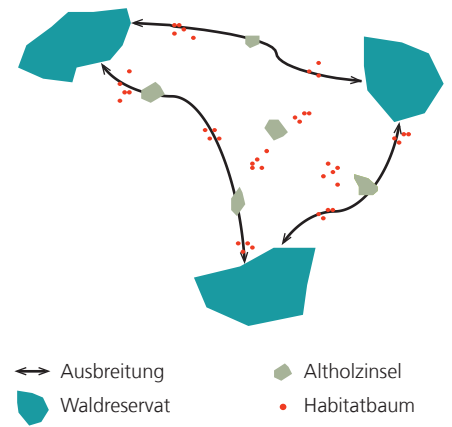


Abb. 12. Altholzinseln und Habitatbäume verbessern die funktionelle Vernetzung zwischen Naturwaldreservaten für die Ausbreitung von stark gefährdeten Arten mit räumlich isolierten Lokalvorkommen. Anzustreben sind Waldbestände mit hohen Totholzmengen und vielen Habitatbäumen, eingebettet in nachhaltig genutzte Wälder.

werden. Die räumliche Vernetzung auf Landschaftsebene ist grundsätzlich wichtig, aber die Priorität sollte auf den Erhalt und die Förderung von qualitativ hochwertigen Lebensräumen gelegt werden, falls die Ressourcen für Fördermassnahmen begrenzt sind.

Um die Ausbreitung von stark gefährdeten Arten mit räumlich isolierten Lokalvorkommen zu fördern, sind aber Vernetzungskonzepte nötig. Damit können sich Individuen aus Restpopulationen über längere Distanzen in geeignete Lebensräume ausbreiten. Für diese Ar-



Abb. 13. Sein Lebensraum ist so speziell und heute selten geworden, dass der Eremit nur noch sehr isoliert vorkommt.

ten gilt als Faustregel, dass zusätzlich zu den Naturwaldreservaten ungefähr 2 bis 3 Altholzinseln pro Quadratkilometer Wald mit einer Minimalfläche von einer Hektare ausgeschieden sowie 5 bis 10 Habitatbäume pro Hektare erhalten werden sollten. Habitatbäume können als Einzelbäume regelmässig verteilt sein oder – vorzugsweise – in Gruppen stehen. Letzteres stellt bei forstlichen Arbeiten eine geringere Gefahr dar. Randzonen bleiben jedoch gefährlich, und bei Waldarbeiten ist besondere Vorsicht geboten.

Herausforderungen für die Zukunft

Die zunehmende Nachfrage nach Energieholz könnte den Trend zu mehr Totholz im Schweizer Wald stoppen oder sogar umkehren. Eine vermehrte Nutzung von Sortimenten, die bisher im Wald belassen wurden, würde die Lebensbedingungen der Totholz-Lebensgemeinschaften verschlechtern. Sowohl das Erhalten der Biodiversität als auch die Nutzung erneuerbarer Energiequellen sind Ziele einer nachhaltigen Bewirtschaftung. Die Herausforderung im Wald wird darin bestehen, die nachwachsende Ressource Holz so zu nutzen, dass dies nicht zu Lasten der Biodiversität geschieht.

Literatur

BAFU, Bundesamt für Umwelt, 2008: Entscheidungshilfe bei Sturmschäden im Wald. Vollzugshilfe für die Wahl der Schadensbehandlung im Einzelbestand. Sturmschaden-Handbuch 2008, Teil 3. Umwelt-Vollzug Nr. 0801. Bern, Bundesamt für Umwelt. 132 S.

BAFU, Bundesamt für Umwelt, 2011: Liste der Nationalen Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Umwelt-Vollzug Nr. 1103. Bern, Bundesamt für Umwelt. 132 S.

BAFU, Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) 2013: Waldpolitik 2020: Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern, Bundesamt für Umwelt. 66 S.

BÄSSLER, C.; MÜLLER, J., 2010: Importance of natural disturbance for recovery of the rare polypore *Antrodiella citrinella* Niemelä & Ryvariden. Fungal Biol. 114: 129–133.

BOLLMANN, K.; BRAUNISCH, V., 2013: To integrate or to segregate: balancing commodity production and biodiversity conservation in European forests. In: KRAUS, D.; KRUMM, F. (eds) Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. Joensuu, EFI. 18–31.

BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; DÜGGELIN, CH., 2020: Biologische Vielfalt. In: BRÄNDLI, U.-B.; ABEGG, M.; ALLGAIER, B. (Red.) Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt, BAFU. In Vorbereitung.

BRÄNDLI, U.-B. (Red.) 2010: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt, BAFU. 312 S.

BRIN, A.; BOUGET, C.; BRUSTEL, H.; JACTEL, H., 2011: Diameter of downed woody debris does matter for saproxylic beetle assemblages in temperate oak and pine forests. J. Insect Conserv. 15: 653–669.

BUSSLER, H., 2008: Reliktarten: Fenster in die Vergangenheit. LWF aktuell 63: 8–9.

COMMARMOT, B.; BRÄNDLI, U.-B.; HAMOR, F.; LAVNYI, V. (eds) 2013: Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L'viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. 69 S.

DELONG, S.C.; FALL, S.A.; SUTHERLAND, G.D., 2004: Estimating the impacts of harvest distribution on road building and snag abundance. Can. J. For. Res. 34: 323–331.

ECKELT, A.; MÜLLER, J.; BENSE, U. *et al.*, 2018: «Primeval forest relict beetles» of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. J Insect Conserv 22: 15–28. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-0028-6>.

GOSSNER, M.M.; LACHAT, T.; BRUNET, J.; ISACSSON, G.; BOUGET, C.; BRUSTEL, H.; BRANDL, R.; WEISSER, W.W.; MÜLLER, J., 2013: Current near-to-nature forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. Conserv. Biol. 27: 605–614.

HERRMANN, S.; CONDER, M.; BRANG, P., 2012: Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. Schweiz. Z. Forstwes. 163, 6: 222–231.

KOMONEN, A.; MÜLLER, J., 2018: Dispersal ecology of deadwood organisms and connec-

tivity conservation. Conservation Biology, 32: 535–545. doi:10.1111/cobi.13087.

KRATZER, R., 2008. Totholzschwellenwertanalyse für die Habitate des Dreizehenspechts (*Picoides tridactylus alpinus*) im Schwarzwald. Diploma, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften. University Freiburg. Freiburg. 83 S.

LACHAT, T.; WERMELINGER, B.; GOSSNER, M.M.; BUSSLER, H.; ISACSSON, G.; MÜLLER, J., 2012: Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests. Ecol. Indic. 23: 323–331.

LASSAUCE, A.; PAILLET, Y.; JACTEL, H.; BOUGET, C., 2011: Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. Ecol. Indic. 1027–1039.

MOLLET, P.; ZBINDEN, N.; SCHMID, H., 2009: Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz? Schweiz. Z. Forstwes. 160, 11: 334–340.

MONNERAT, C.; BARBALAT, S.; LACHAT, T.; GONSETH, Y., 2016. Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Bern, Bundesamt für Umwelt. Neuenburg, Info Fauna – CSCF. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Vollzug 1622: 118 S.

MÜLLER, J.; BÜTLER, R., 2010: A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. Eur. J. For. Res. 129: 981–992.

PRIEWASSER, K.; BRANG, P.; BACHOFEN, H.; BUGMANN, H.; WOHLGEMUTH, T., 2013: Impacts of salvage-logging on the status of deadwood after windthrow in Swiss forests. Eur. J. For. Res. 132: 231–240.

SEIBOLD, S.; BÄSSLER, C.; BRANDL, R.; FAHRIG, L.; FÖRSTER, B.; HEURICH, M.; HOTHORN, T.; SCHEIPL, F.; THORN, S.; MÜLLER, J., 2017: An experimental test of the habitat-amount hypothesis for saproxylic beetles in a forested region. Ecology. 98, 6: 1613–1622. doi: 10.1002/ecy.1819.

SPEIGHT, M.C.D., 1989: Saproxylic invertebrates and their conservation. Nature and Environment Series N° 42. Council of Europe, Strasbourg. 81 S.

STOKLAND, J.; SIITONEN, J.; JONSSON, B.G., 2012: Biodiversity in dead wood. Cambridge, Cambridge University Press. 509 S.

Projektleitung WAP-CH, BHP – BRUGGER & PARTNER, 2004: Waldprogramm Schweiz (WAP-CH). Schriftenreihe Umwelt Nr. 363. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 117 S.

Dank

Wir bedanken uns bei Kaspar Sollberger (BAFU Rechtsdienst) für die juristischen Ausführungen, dem Schweizerischen Informationszentrum für Arten (Info-Species) für die Bereitstellung von Daten und dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) für die finanzielle Unterstützung der Totholz-Forschung.

Weiterführende Informationen

Pilze schützen und fördern. SENN-IRLET, *et al.*, 2012: Merkbl. Prax. 49: 12 S.

Lebensraum Totholz. SCHIEGG PASINELLI, K.; SUTER, W., 2002: 2. Aufl. Merkbl. Prax. 33: 6 S.

www.totholz.ch

Kontakt

Rita Bütler Sauvain
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Case postale 96
CH-1015 Lausanne 15E
rita.buetler@wsl.ch

Thibault Lachat
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85
CH-3052 Zollikofen
thibault.lachat@bfh.ch

Claudio de Sassi
Bundesamt für Umwelt BAFU
Sektion Wildtiere und Waldbiodiversität
CH-3003 Bern
claudio.de-sassi@bafu.admin.ch

Abbildungen

Beat Wermelinger (Abb. 1, 8), Peter Brang (Abb. 2), Ueli Wasem (Abb. 3), Yvonne Rogenmoser (Abb. 4), Thomas Reich (Abb. 5), Andreas Rigling (Abb. 9), Udo Schmidt und Jörg Müller (Abb. 10), Thibault Lachat (Abb. 11), John Hallmén (Abb. 13), Josef Senn (Buntspecht), www.fledermausschutz.ch (Wasserfledermaus)

Zitierung

LACHAT, T.; BRANG, P.; BOLLIGER, M.; BOLLMANN, K.; BRÄNDLI, U.-B.; BÜTLER, R.; HERRMANN, S.; SCHNEIDER, O.; WERMELINGER, B., 2019: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. 2. überarbeitete Aufl. Merkbl. Prax. 52: 12 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentratoren und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe **Notice pour le praticien** (ISSN 1012-6554). Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914).

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)

Nr. 62: Verbissprozent – eine Kontrollgrösse im Wildmanagement. O. Odermatt 2018. 8 S.

Nr. 61: Zyklen und Bedeutung des Lärchenwicklers. B. Wermelinger *et al.* 2018. 12 S.

Nr. 60: Der Waldboden lebt – Vielfalt und Funktion der Bodenlebewesen.
M. Walser *et al.* 2018. 12 S.

Nr. 59: Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? B. Allgaier Leuch *et al.* 2017. 12 S.

Nr. 58: Kupferstecher und Furchenflügeliger Fichtenborkenkäfer. B. Forster 2017. 8 S.

Nr. 57: Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. D. RIGLING *et al.* 2016. 8 S.

Managing Editor

Martin Moritzi
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/merkblatt

Die WSL ist ein Forschungsinstitut des ETH-Bereichs.

Layout: Jacqueline Annen, WSL
Druck: Rüegg Media AG

