

Habitatbäume kennen, schützen und fördern

Rita Bütler, Thibault Lachat, Frank Krumm, Daniel Kraus und Laurent Larrieu



Abb. 1. Ein Habitatbaum wie er im Buch steht! Nur die ältesten und dicksten Bäume weisen eine grosse Anzahl und Vielfalt von Baummikrohabitaten auf.

Die Biodiversität ist für das Funktionieren des Waldökosystems von grosser Bedeutung. Habitatbäume (Abb. 1) sind eine Schlüsselkomponente der Waldbiodiversität. Fachleute aus Europa erarbeiteten eine Typologie der Lebensräume (sogenannte Baummikrohabitats), die auf Bäumen vorkommen und für Tausende von spezialisierten Lebewesen unentbehrlich sind. Die einheitliche Verwendung der so definierten Formen, Gruppen und Typen dieser Baummikrohabitats erleichtert die Umsetzung von Empfehlungen in der Forstpraxis. Zudem lassen sich diese vereinheitlichten Daten für das Monitoring der Waldbiodiversität oder die Erfolgskontrolle von Massnahmen, mit denen die biologische Vielfalt im Wald gefördert wird, einsetzen.

Die überwiegende Mehrheit unserer Wälder wird bewirtschaftet, der Wald erbringt so vielfältige Leistungen wie Holzproduktion, Schutz vor Naturgefahren oder Erholung, die der Mensch nutzen kann. Der Wald hat auch eine grosse Bedeutung für die Erhaltung der Biodiversität. Die natürliche Waldentwicklung im Wirtschaftswald ist jedoch stark begrenzt. Der Fokus der Bewirtschaftung liegt zumeist auf der Entwicklungs- und Optimalphase, während die Zerfalls- und Pionierphasen eines Bestandes möglichst kurzgehalten bzw. komplett übersprungen werden. Oft mangelt es darum an alten Bäumen und Totholz.

Mit entsprechenden Massnahmen und Instrumenten in der Bewirtschaftung kann die Waldbiodiversität jedoch erfolgreich erhalten und gefördert werden. Alten und dicken Bäumen, die oft besondere Merkmale wie zum Beispiel Höhlen aufweisen, kommt dabei eine besondere Rolle zu: Diese Habitatbäume sind eine Schlüsselkomponente der Waldbiodiversität und ihr Vorhandensein im Wirtschaftswald hängt stark vom Handeln der Bewirtschaftenden ab. Die herausragende Rolle der Habitatbäume für die Artenvielfalt und deren Bedeutung für die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit der Wälder wird zunehmend erkannt und bei der Waldbewirtschaftung berücksichtigt.

Habitatbaum – Baummikrohabitat

Ein Habitatbaum ist ein lebender oder toter, stehender Baum, der mindestens ein Mikrohabitat trägt. Der Begriff Mikrohabitat bezeichnet sehr kleinräumige oder speziell abgegrenzte Lebensräume. Baummikrohabitate (in der Folge oft als BMH abgekürzt) sind vom Baum getragene, klar abgegrenzte Gebilde, auf die viele verschiedene, teils hochspezialisierte Tier-, Pflanzen-, Flechten- und Pilzarten während mindestens eines Teils ihres Lebens angewiesen sind (LARRIEU *et al.* 2018, Abb. 2). Sie entstehen zum Beispiel durch eine Verletzung durch Steinschlag, Blitzeinschlag oder Aktivitäten von Spechten. Baummikrohabitate können auch Elemente sein, für die der Baum lediglich als Stütze dient, beispielsweise ein Nest, Efeu oder Lianen. Früher wurde für Habitatbäume auch der Begriff «Biotopbaum» verwendet, «Horstbaum» für Bäume mit Horsten baumbrütender Vögel oder «Methusalem» für bemerkenswert alte oder grosse Bäume.

Die Baummikrohabitate sind also wichtige Zufluchtsorte, Brut-, Überwinterungs- oder Nahrungsplätze. Jede Art lebt vorzugsweise in einem ganz bestimmten Baummikrohabitat. Eine Vielfalt von BMH innerhalb eines Waldbestandes erfüllt die spezifischen Ansprüche vieler verschiedener Arten. Je zahlreicher die vorkommenden Arten sind, desto mehr ökologische Funktionen wie Bestäubung, Holzabbau oder Regulierung von Arten mit grosser Populationsdynamik können sie erfüllen. Kümmern sich viele Arten um dieselbe Funktion, kommt dies einer Versicherung gleich: Fällt eine Art zeitweise aus, kann

eine andere einspringen und die Funktion übernehmen (YACHI und LOREAU 1999). Es ist also für das Funktionieren des Waldökosystems von Vorteil, möglichst viele, auch unscheinbare Arten zu haben – dafür braucht es Baummikrohabitate.

Alter, Durchmesser und Baumart beeinflussen die Baummikrohabitate und die damit verknüpfte Artenvielfalt

Zeit seines Lebens ist jeder Baum zufälligen Ereignissen ausgesetzt: zum Beispiel einem Steinschlag, Sturm, Blitz oder Brand, dem Sturz eines Nachbarbaumes, Nassschnee, einer Besiedlung durch Pilze oder dem Meisseln von Spechten. Diese Ereignisse hinterlassen Rindenverletzungen, abgebrochene Äste, Höhlen und so weiter. Mit zunehmendem Alter und Durchmesser eines Baumes nimmt daher die Anzahl und Vielfalt der BMH auf ihm deutlich zu (BÜTLER und LACHAT 2009; VUIDOT *et al.* 2011; LARRIEU und CABANETTES 2012; Abb. 3). In einer Untersuchung von RANIUS *et al.* (2009) weisen weniger als 1 Prozent der unter 100-jährigen Stieleichen Höhlen auf, während 50 Prozent der Eichen zwischen 200 und 300 Jahren bereits Höhlen haben und im Alter von 400 Jahren sogar alle. Nur die dicksten, ältesten Bäume tragen viele verschiedene oder alle möglichen Baummikrohabitate (Abb. 3). Der ökologische Wert eines Baumes nimmt mit steigendem Alter und Durchmesser also zu. Wird ein alter Habitatbaum mit mehreren BMH gefällt, braucht es Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte, um ihn gleichwertig zu ersetzen. Deshalb wird Habitatbäumen heutzutage in vielen europäischen Ländern mehr Beachtung geschenkt. Unter den Initiativen zum Schutz von Habitatbäumen ist das «Ancient Tree Forum» aus England erwähnenswert: Seit mehr als 20 Jahren werden sogenannte «Veteranenbäume» (ein Begriff zur Bezeichnung besonders alter, bemerkenswerter Bäume) mit Hilfe der Bevölkerung in ganz England inventarisiert, um sie besser zu kennen und ihren Schutz zu fördern (www.ancient-treeforum.co.uk).

Neben Alter und Durchmesser beeinflusst auch die Baumart die Häufigkeit und Vielfalt der Baummikrohabitate. Im Allgemeinen bilden Laubbölder häufiger,

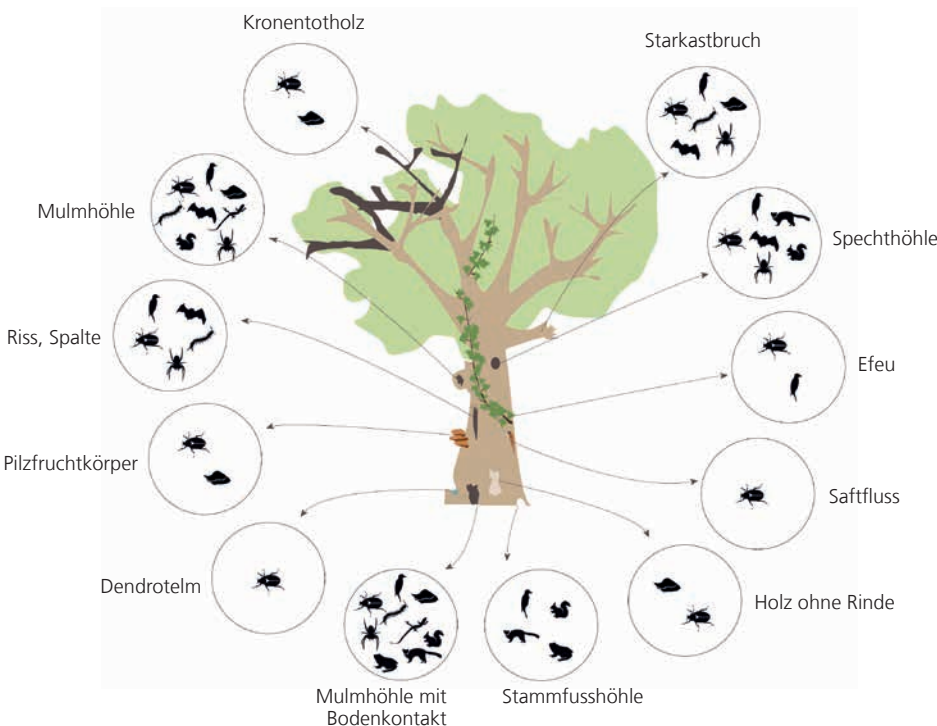


Abb. 2. Ein Habitatbaum trägt verschiedene Baummikrohabitate, die zum Schutz sowie als Brut-, Überwinterungs- und Nahrungsplätze dienen und manchmal gar für den gesamten Lebenszyklus der jeweiligen Art nötig sind (nach EMBERGER *et al.* 2016, verändert).

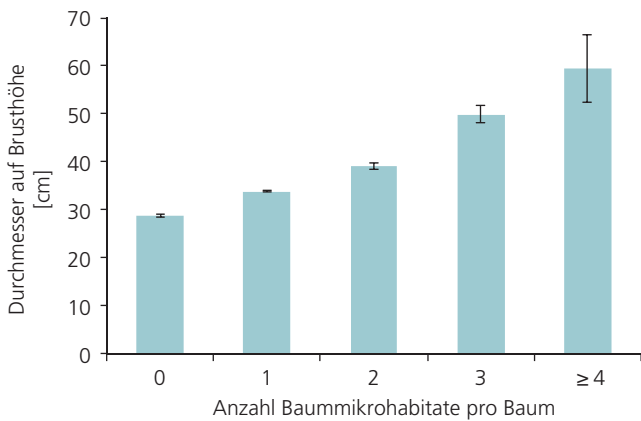


Abb. 3. Nur die dicksten Bäume tragen viele Baummikrohabitate. Mittelwerte mit Standardfehler; alle Unterschiede zwischen den Klassen sind signifikant mit Ausnahme desjenigen zwischen den Klassen «3» und «mindestens 4». Aus BÜTLER und LACHAT 2009.

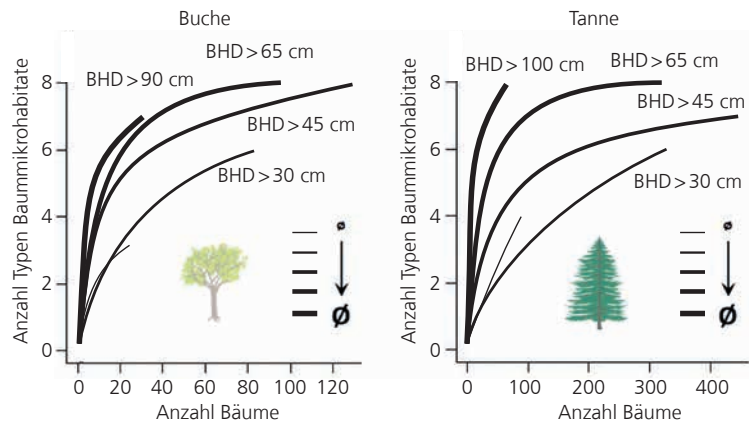


Abb. 4. Je grösser die Bäume, desto weniger Bäume braucht ein Bestand, um die Vielfalt der Baummikrohabitate zu erhalten. BHD: Durchmesser auf Brusthöhe. Verändert aus LARRIEU et al. 2014.

schneller und in früherem Alter BMH als Nadelhölzer (LARRIEU und CABANETTES 2012). Beispielsweise zeigt ein Vergleich von Buche (*Fagus sylvatica*) und Weisstanne (*Abies alba*) mit einem Durchmesser von 25–50 cm, dass 43 Prozent der Buchen und nur 9 Prozent der Weisstannen BMH aufweisen (Tab. 1). Aufgrund ihrer Physiognomie mit grossen Ästen, die absterben und brechen können, entwickeln Laubbäume eher schon in jungen Jahren BMH.

Gewisse Baummikrohabitate sind häufiger auf Laubbäumen anzutreffen – zum Beispiel wassergefüllte Hohlräume (Dendrotelme) und Spalten, andere eher auf Nadelbäumen (z. B. Hexenbesen). Mischbestände haben daher eine grössere Vielfalt an BMH als Reinbestände, insbesondere wenn die Mischbestände auch Pionier- und Nebenbaumarten wie Birken oder Zitterpappeln enthalten. Diese entwickeln teilweise relativ rasch BMH wie zum Beispiel Höhlen (LARRIEU et al. 2012).

Die Bewirtschaftung beeinflusst Vielfalt sowie räumliche Dichte und Verteilung der Habitatbäume

Naturgemäss ist die räumliche Dichte von Baummikrohabitaten in Wäldern sehr hoch: Nach Studien in den rumänischen und ukrainischen Karpaten sowie in den Dinarischen Alpen (COMMARMOT et al. 2013; KOZÁK et al. 2018) trägt in Naturwäldern jeder dritte oder sogar jeder zweite Baum Baummikrohabitate. In diesen von Laubbäumen dominierten Mischwäldern gab es durchschnittlich

Baummikrohabitate sind vergänglich

Die Entwicklungsstufe eines Baummikrohabitats mit verrottendem Holz beeinflusst, welche Arten hier vorkommen. Zur Veranschaulichung nehmen wir eine Eiche, die nach einer Verletzung der Rinde das darunterliegende Splintholz enthüllt. Wenn der Baum die Verletzung nicht bedeckt, wird sich diese allmählich in eine immer voluminösere Mulmhöhle entwickeln. Während dieser Entwicklung werden mehrere Stufen der Holzzersetzung in einem jahrzehntelangen Prozess durchlaufen (vgl. Merkblatt «Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung»). In jedem Zersetzungsgrad leben unterschiedliche Arten wie die Familie der Schnellkäfer (Elateridae) zeigt (Abb. 5). Holz ohne Rinde (ganz links in der Abbildung) weist keineswegs die gleichen physikalisch-chemischen und mikroklimatischen Eigenschaften auf wie halboffene Mulmhöhlen (ganz rechts in der Abbildung).

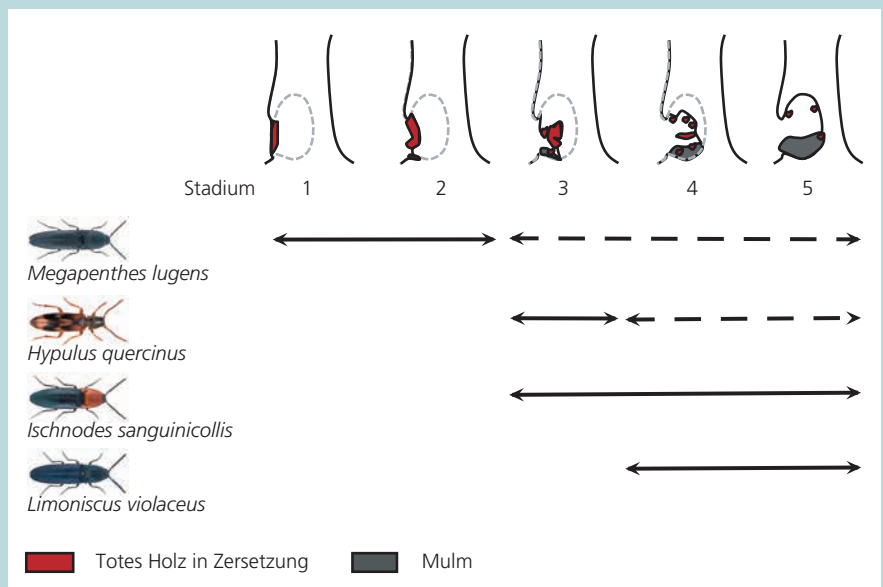


Abb. 5. Sukzession von Schnellkäfern (Elateridae) im Laufe der Entwicklung einer Mulmhöhle mit Bodenkontakt auf einer Eiche. Die ausgezogenen Pfeile zeigen die von der Käferart bevorzugten Stadien; die gestrichelten Pfeile zeigen, wo sie seltener vorkommt. Zeichnungen: Nicolas Gouix.

Tab. 1. Anteil der Bäume nach Durchmesserklassen in Naturwäldern, die Baummikrohabitate tragen. Buche (*Fagus sylvatica*) und Weisstanne (*Abies alba*). BHD: Durchmesser auf Brusthöhe. Aus LARRIEU und CABANETTES (2012).

| Durchmesserklasse | Bäume mit Baummikrohabitaten (%) | |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Buche | Weisstanne |
| Kleine Bäume (20 ≤ BHD < 25 cm) | 35 | 6 |
| Mittlere Bäume (25 ≤ BHD < 50 cm) | 43 | 9 |
| Grosse Bäume (50 ≤ BHD < 70 cm) | 78 | 21 |
| Sehr grosse Bäume | | |
| BHD ≥ 70 cm | 92 | 32 |
| BHD ≥ 89 cm | 99 | |
| BHD ≥ 99 cm | | 70 |

mehr als 400 BMH/ha. In der Schweiz ergab ein Vergleich zwischen (seit mindestens 30 Jahren) nicht bewirtschafteten Wäldern 220 BMH/ha und kürzlich (vor 5–10 Jahren) genutzten Beständen 95 BMH/ha (BÜTLER und LACHAT 2009). Dieses Verhältnis entspricht den Beobachtungen in deutschen Buchenwäldern (WINTER und MÖLLER 2008). Im Steigerwald (Bayern) wurden in einem integrativ bewirtschafteten Buchen-Eichen-Wald mit regelmässigen Eingriffen 130 BMH/ha gefunden, während auf einer benachbarten Fläche, die seit mehr als 40 Jahren nicht bewirtschaftet wurde, 456 BMH/ha festgestellt wurden (KRAUS *et al.* 2017).

In bewirtschafteten Wäldern hat es im Allgemeinen weniger Baummikrohabitate als in Naturwäldern. In einer Untersuchung in Laubwäldern im Südwesten Frankreichs betrug die Häufigkeit von Baummikrohabitaten unmittelbar nach der Holzernte 48 BMH/ha und stieg nach 70–80 Jahren ohne waldbauliche Eingriffe auf 170 BMH/ha (LARRIEU *et al.* 2017). Noch spektakulärer war der Anstieg bei Pilzfruchtkörpern und Spechthöhlen: In 70–80 Jahren stieg die Anzahl Pilzfruchtkörper von 1,5 auf durchschnittlich 10,4 pro Hektar, die Anzahl Spechthöhlen von 1,3 auf 16,8 pro Hektar. Anderswo in Frankreich, in gemischten Bergwäldern aus Fichte, Tanne und Buche, hat sich die räumliche BMH-Dichte in 50 Jahren ohne Nutzung verdoppelt (PAILLET *et al.* 2017).

Studien unter anderem aus Deutschland und der Schweiz (WINTER und MÖLLER 2008, BÜTLER und LACHAT 2009) haben gezeigt, dass die Anzahl und Vielfalt von Baummikrohabitaten in Naturwäldern mit dem Alter der Bäume

zunehmen. In regelmässig bewirtschafteten Wäldern kommen allerdings auf vergleichbar alten Bäumen weniger BMH vor als in Naturwäldern, da sich Holzernte und Waldpflegemassnahmen negativ auf das Vorkommen von BMH auswirken (LASSAUCE *et al.* 2013; PAILLET *et al.* 2017). Baummikrohabitate können oft gar nicht entstehen, wenn schwache, fehlgewachsene oder schon abgestorbene Bäume bei der Durchforstung vorzeitig aus den Beständen entfernt werden. Dies ist vor allem für Laubbäume der Fall. Gleichzeitig führt die Ernte von Bäumen bei geringem Zieldurchmesser dazu, dass Bäume entnommen werden, bevor sich BMH formen. Dies betrifft hauptsächlich Nadelbäume, die natürlicherweise BMH erst spät in ihrem Leben ausbilden (LARRIEU und CABANETTES 2012; LARRIEU *et al.* 2014). Ein gutes Beispiel für die Auswirkung der Durchforstungsstärke findet sich im nördlichen Steigerwald (Bayern): Hier wurde festgestellt, dass in nur leicht durchforsteten Flächen deutlich mehr BMH sowohl im Bestand insgesamt als auch pro Baum zu finden waren als in intensiv durchforsteten Flächen. Ein Grund dafür ist die deutliche Vitalisierung der freigestellten Bäume (MERGNER 2018). In Wäldern, die während mehrerer Jahrzehnte keiner künstlichen Auslese mehr unterworfen sind, bilden Bäume beim Älter- und Dickerwerden naturgemäss eine grosse Anzahl von verschiedenen BMH.

Neben ihrer Häufigkeit ist die Vielfalt der Baummikrohabitate innerhalb des Waldbestandes und gleichzeitig von jedem einzelnen Baum für den Erhalt der Artenvielfalt entscheidend. Auch hier gibt es erhebliche Unterschiede zwischen

Natur- und Wirtschaftswäldern. In der Schweiz waren nur 5,1 Prozent der Bäume in kürzlich genutzten Wäldern Träger von mindestens zwei verschiedenen BMH, gegenüber 12,5 Prozent in Beständen, die seit mindestens 30 Jahren ungenutzt sind (Bütler und Lachat 2009). Andererseits kommen gewisse Baummikrohabitate in Wirtschaftswäldern durchschnittlich häufiger vor (VUIDOT *et al.* 2011; LARRIEU *et al.* 2012). Dies ist zum Beispiel der Fall für freiliegende Holzkörper aus Verletzungen durch Fällen oder Rücken sowie für Dendrotelme, die oft auf Stümpfen in ehemaligen Nieder- oder Mittelwäldern entstehen.

Entwicklungsdauer von Baummikrohabitaten im Naturwald

Wie lange die Entwicklung von Baummikrohabitaten auf Habitatbäumen dauert, ist sehr variabel: von wenigen Millisekunden für die Entstehung einer Blitzzrinne bis hin zu mehreren Jahrzehnten für die Ausbildung einer grossen Mulmhöhle. Die Dauer, während der ein BMH für ein Lebewesen nutzbar ist, ist ebenfalls sehr unterschiedlich (Box «Baummikrohabitate sind vergänglich»). So bietet ein hauptsächlich im Frühling aktiver Saftfluss Käferlarven nur wenige Wochen eine Nahrungsquelle, oder ein Dendrotelm ermöglicht es gewissen Zweiflüglern nur solange er Wasser enthält, sich zu entwickeln. Andererseits kann eine voluminöse Mulmhöhle spezialisierte Käferpopulationen für mehrere Jahrzehnte beherbergen. Jedes BMH hat also eine sehr variable Lebensdauer, die jedoch immer zeitlich begrenzt ist. Da Baummikrohabitate zudem per Definition klein und räumlich voneinander getrennt sind, entweder durch ihre Position am Baum oder durch den Abstand zwischen den Habitatbäumen, werden sie als vergängliche Ressourcen – auf Englisch: «ephemeral resource patches» – bezeichnet. Sobald ein bestimmtes BMH verschwindet, müssen die damit verknüpften Organismen zwingend ein ähnliches BMH in einer für sie erreichbaren Umgebung finden, um zu überleben.

Über die Entwicklungsrate von Baummikrohabitaten ist relativ wenig bekannt. In den gemischten Naturwäldern der Pyrenäen entstehen BMH auf Buchen

etwa doppelt so schnell wie auf Weisstannen. Modellrechnungen ergeben natürliche Entstehungsraten von 0,82–1,28 BMH/ha und Jahr bei Buchen und 0,5–0,9 BMH/ha und Jahr bei Tannen (COURBAUD *et al.* 2017). Angesichts dieser niedrigen Entstehungsraten dauert es etwa 100 Jahre, bis ein derzeit genutzter Waldbestand alle im Naturwald potenziell vorhandenen BMH ausbildet. Deshalb müssen die bereits heute in unseren Wäldern vorhandenen Habitatbäume erhalten und die Entstehung zukünftiger gefördert werden (MERGNER 2018). Habitatbaum-Kandidaten müssen schon im frühen Bestandesalter erkannt und erhalten werden, damit sie sich später zu starken Habitatbäumen entwickeln können. Dafür kommen auch Pionierbäume sowie Nebenbaumarten mit geringem wirtschaftlichem Wert in Frage, die am ehesten in der Lage sind, schnell Baummikrohabitate zu bilden.

Bedarf nach einer standardisierten Methodik

Habitatbäume und damit ihre Baummikrohabitate haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, sowohl in der waldökologischen Forschung als auch bei der Förderung der Artenvielfalt in bewirtschafteten Wäldern. Bis vor kurzem wurden BMH und Habitatbäume nicht einheitlich bewertet und gemessen. Sehr oft haben sich die Definition sowie die Kriterien für die Auswahl von Habitatbäumen je nach Studie und Inventar geändert. Unter der Federführung des Europäischen Forstinstituts (EFI) entwickelten Fachleute aus ganz West- und Mitteleuropa zunächst einen BMH-Katalog (KRAUS *et al.* 2016), der unterdessen auch als Smartphone-Anwendung erhältlich ist (I+TreMs App). Seitdem wurde dieser Katalog weiterentwickelt und veröffentlicht (LARRIEU *et al.* 2018). Diese Veröffentlichung ist die Grundlage für eine standardisierte Inventurmethode für BMH und Habitatbäume, die in allen gemässigten und mediterranen europäischen Wäldern anwendbar ist (Abb. 7).

Eine standardisierte Methode ist auch hilfreich beim Monitoring, für die Waldzertifizierung und für die Erfolgskontrolle von Massnahmen zur Förderung der biologischen Vielfalt im Wald, wie sie der

Bundesrat in der Waldpolitik 2020 und in der Strategie Biodiversität Schweiz beschlossen hat.

Hierarchische Typologie zur vielseitigen Verwendung

Die von LARRIEU *et al.* (2018) vorgeschlagene Typologie der Baummikrohabitate ist in einer hierarchischen Struktur organisiert (Abb. 7). Die erste Ebene besteht aus sieben Formen, die auf Merkmalen basieren, welche für die Artenvielfalt relevant sind: i) Höhlen im weiten Sinn, ii) Stammverletzungen und freiliegendes Holz, iii) Kronentotholz, iv) Wucherungen, v) feste und schleimige Pilzfruchtkörper, vi) epiphytische, epixyliche und parasitische Strukturen sowie vii) Ausflüsse. Diese sieben Formen werden in einer zweiten Ebene weiter in 15 Gruppen und in einer dritten in 47 verschiedene Typen unterteilt. Dank ihrer hierarchischen Struktur ist die Typologie für verschiedene Zwecke nützlich. Für die schnelle Auswahl von Habitatbäumen bei der Holzanzeichnung mögen die sieben Formen genügen. Für Waldinventuren oder Monitoringzwecke empfehlen wir, entweder die 15 Gruppen

oder die 47 Typen zu verwenden. Um in der waldökologischen Forschung die Beziehungen zwischen Arten und BMH zu untersuchen, können die 47 Typen nach zusätzlichen Kriterien noch feiner unterteilt werden (Box «Baummikrohabitate sind komplexe Gebilde»), siehe dazu den Taschenführer der Baummikrohabitate (BÜTLER *et al.* 2020). Der Taschenführer ist zu beziehen im WSL-Shop.

Nur wenn die definierten Formen, Gruppen und Typen und die vorgeschlagenen Schwellenwerte unverändert verwendet werden (Abb. 7), lassen sich Daten verschiedener Aufnahmen zusammenführen. Dies ist wichtig für die Forschung, aber auch für das Monitoring oder die Erfolgskontrolle subventionierter Massnahmen zur Förderung der biologischen Vielfalt. Einige der vorgeschlagenen Aufnahmeschwellenwerte sind ökologisch relevant, das heisst sie beeinflussen die damit verbundene Artenvielfalt. Wo solche artspezifischen Schwellenwerte nicht bekannt waren, wurden sie von Fachleuten festgelegt, um Unterschiede zwischen verschiedenen Beobachtern so weit wie möglich zu reduzieren.

Baummikrohabitate sind komplexe Gebilde

Mehrfachjährige Pilzfruchtkörper sind klar abgegrenzte Lebensräume (Abb. 6). Sie enthalten jedoch meist verschiedene Käfergesellschaften, die jeweils nur einen ganz bestimmten Teil des Pilzes nutzen. Zum Beispiel auf dem Echten Zunderschwamm ernähren sich der Nagekäfer *Dorcatoma robusta* oder der Schwarzkäfer *Bolitophagus reticulatus* von der Trama, der Zwergkäfer *Pteryx suturalis* von den Sporen in den Röhren und der Flachkäfer *Peltis grossa* oder der Düsterkäfer *Melandrya dubia* vom Mycelium zwischen dem Fruchtkörper und dem Baumstamm (Bouget pers. Mitt.). Jedes Baummikrohabitat ist also in Wirklichkeit ein Mosaik aus kleineren Lebensräumen. Dennoch wird aus praktischen Gründen der ganze Pilzfruchtkörper als ein BMH betrachtet. Die Pilzart, die Grösse des Pilzfruchtkörpers und sein Entwicklungsstand beeinflussen die Zusammensetzung der zugehörigen Artengemeinschaften (THUNES und WILLASSEN 1997).



Abb. 6. Rotrandiger Baumschwamm, ein scheinbar klar abgegrenzter Lebensraum (links) und Querschnitt eines Echten Zunderschwamms (rechts).

















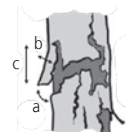



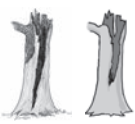

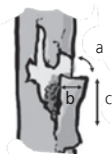



| Form | Höhlen | | | | Stammverletzungen und freiliegendes Holz | | Kronentotholz |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gruppe | Spechthöhlen | Mulmhöhlen | Insektengänge und Bohrlöcher | Vertiefungen | Freiliegendes Splintholz | Freiliegendes Splint- und Kernholz | Kronentotholz |
| Typ | Kleine Bruthöhle $\varnothing < 4 \text{ cm}$  | Mulmhöhle mit Bodenkontakt $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | Insektengänge und Bohrlöcher $\varnothing > 2 \text{ cm}$ oder $\square > 300 \text{ cm}^2$  | Dendroteln oder wassergefüllte Baumhöhlung $\varnothing > 15 \text{ cm}$  | Holz ohne Rinde $\square > 300 \text{ cm}^2$  | Stammbruch $\varnothing > 20 \text{ cm}$  | Tote Äste $\varnothing > 10 \text{ cm}$ oder $\varnothing > 3 \text{ cm}$ und $> 10\%$ Kronentotholz  |
| | Mittलगrosse Bruthöhle $\varnothing = 4-7 \text{ cm}$  | Mulmhöhle ohne Bodenkontakt $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | | Frasslöcher (Spechte) $\nabla > 10 \text{ cm}$, $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | Brandnarbe $\square > 600 \text{ cm}^2$  | Starkastbruch mit freiliegendem Kernholz $\square > 300 \text{ cm}^2$  | Abgestorbene Kronenspitze $\varnothing > 10 \text{ cm}$ an der Basis  |
| | Grosse Bruthöhle $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | Halboffene Mulmhöhle $\varnothing > 30 \text{ cm}$  | | Rindenbedeckte Einbuchtung am Stamm $\nabla > 10 \text{ cm}$, $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | Rindentasche (unten offen) $a > 1 \text{ cm}$, $b > 10 \text{ cm}$, $c > 10 \text{ cm}$  | Riss, Spalte $L > 30 \text{ cm}$, $B > 1 \text{ cm}$, $\downarrow > 10 \text{ cm}$  | Abgebrochener Starkast $\varnothing > 20 \text{ cm}$, $L > 50 \text{ cm}$  |
| | Höhlenetage ≥ 3 Höhlen auf einer Linie $\varnothing > 3 \text{ cm}$  | Kaminartiger, hohler Stamm mit/ohne Bodenkontakt $\varnothing > 30 \text{ cm}$  | | Stammfusshöhle $\varnothing > 10 \text{ cm}$ «Dachneigung» $< 45^\circ$  | Rindentasche (oben offen) $a > 1 \text{ cm}$, $b > 10 \text{ cm}$, $c > 10 \text{ cm}$  | Blitzrinne $L > 30 \text{ cm}$, $B > 1 \text{ cm}$, $\downarrow > 10 \text{ cm}$  | |
| | | Asthöhle $\varnothing > 10 \text{ cm}$  | | | | Riss bei Zwiesel $L > 30 \text{ cm}$  | |

Abb. 7. Empfohlene Baummikrohabitat-Typologie nach LARRIEU *et al.* (2018), gegliedert in 7 Formen, 15 Gruppen und 47 Typen. Die Aufnahme-Schwellenwerte sollten für jegliche Aufnahmen befolgt werden, um einen Vergleich der Daten unabhängig von der verwendeten Hierarchieebene (Formen, Gruppen oder Typen) zu ermöglichen. \varnothing = Durchmesser; ∇ = Tiefe; \square = Fläche; L = Länge; B = Breite. Zeichnungen: C. Emberger, L. Apfelbacher/D. Kraus und Reproduktionen aus KRAUS *et al.* 2016







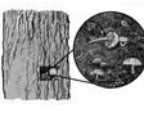













Beschreibung der sieben Baum-mikrohabitat-Formen

Höhlen sind Löcher im Holz oder geschützte Stellen am Stamm oder am Stammfuss. Sie sind entweder durch Tiere wie zum Beispiel Spechte oder im Holz lebende Insekten, durch die Zersetzungsprozesse des Holzes oder durch Wurzelausläufer am Stammansatz entstanden. Dank des ausgeglichenen Mikroklimas in ihrem Inneren bieten sie vielen Arten Schutz oder einen Platz zur Fortpflanzung. Spechthöhlen (Abb. 8a) spielen eine wichtige Rolle für Zweitnutzer (Vögel, Fledermäuse und kleine Säugetiere wie Siebenschläfer oder Marder, aber auch für Wirbellose wie Spinnen,

Käfer oder Wespen). Je nach Lage, entweder bodennah und in Kontakt mit dem Boden oder hoch am Stamm, dient eine Mulmhöhle (Abb. 8b) als Brutplatz für spezialisierte Käfer oder als Ruhestätte für Fledermäuse oder andere Wirbeltiere wie Vögel, Amphibien, Eidechsen oder Säugetiere wie die Wildkatze. Mit der Ansammlung von Mulm im Laufe der Zeit wird die Höhle immer spezialisierten Arten gerecht. Weit fortgeschrittene Mulmhöhlen sind zum Beispiel für den stark gefährdeten Eremiten (*Osmoderma eremita*) lebenswichtig. Dieser sehr seltene Käfer kann nur in dieser Art von Höhle überleben, die er während seines Lebens fast nie verlässt. Ein Dendroteln

ist eine zeitweise oder dauerhaft mit Wasser gefüllte Höhle. Mehrere Insektenarten und verschiedene Mikrokrebstiere sind auf Dendrotelme zwingend angewiesen. Insgesamt werden fünfzehn verschiedene Höhlentypen unterschieden.

Stammverletzungen und freiliegendes Splint- oder Kernholz erleichtern vielen Erstbesiedlern den Zugang zum Holz. Sie entstehen entweder auf natürlichem Weg durch mechanische Einwirkungen wie Stamm- oder Kronenbruch durch Wind, Eis oder Schnee, aber auch durch Blitzschlag, Frost oder Feuer; sie können auch aus Beschädigungen durch Fällen von Bäumen in der Nähe oder durch den Holztransport resultie-

| Wucherungen | | Feste und schleimige Pilzfruchtkörper | | Epiphytische, epixyliche und parasitische Strukturen | | | Ausflüsse |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hexenbesen und Wasserreiser | Maserknollen und Krebse | Mehrfährige Pilzfruchtkörper | Kurzlebige Pilzfruchtkörper und Schleimpilze | Pflanzen und Flechten, epiphytisch oder parasitisch | Nester | Mikroböden | Saft- und Harzflüsse |
| Hexenbesen Ø > 50 cm  | Maserknolle Ø > 20 cm  | Mehrfährige Porlinge Ø > 5 cm  | Einjährige Porlinge Ø > 5 cm oder > 10  | Moose oder Lebermoose □ > 10% des Stammes bedeckt  | Nester von Wirbeltieren Ø > 10 cm  | Mikroböden (Rinde)  | Aktiver Saftfluss L > 10 cm  |
| Wasserreiser > 5 Zweige  | Krebs Ø > 20 cm oder grosser Teil des Stammes bedeckt  | | Ständerpilze Ø > 5 cm oder > 10  | Blatt- oder Strauchflechten □ > 10% des Stammes bedeckt  | Nester von Wirbellosen  | Mikroböden (Krone)  | Aktiver Harzfluss L > 10 cm  |
| | | Grosse Ascomyceten Ø > 3 cm oder □ > 100 cm²  | | Efeu oder Lianen □ > 10% des Stammes bedeckt  | | | |
| | | Myxomyceten (Schleimpilze) Ø > 5 cm  | | Farne > 5 Farnwedel  | | | |
| | | | | Misteln Ø > 20 cm  | | | |

Download Baummikrohabitat-
Typologie vergrössert als PDF



ren. Falls der Baum seine Wunde nicht überdeckt, kann sich das freiliegende Holz langsam zu einer Höhle entwickeln. Freiliegendes Kern- und Splintholz, das durch das Abbrechen einer Krone oder eines Hauptastes entsteht, bietet den Lebewesen Übergangsbedingungen zwischen lebendem und totem Holz. Risse und Rindentaschen ihrerseits sind besonders wichtig für die Tagesruhe, die Brut oder das Überwintern einiger Fledermäuse oder als Nistplatz für Vögel sowie für Wanzen oder Spinnen. Insgesamt neun BMH-Typen lassen sich in dieser Form unterscheiden.

Dank seiner sonnenexponierten Lage bietet **Kronentotholz** warmtrockene

Bedingungen, die in unseren geschlossenen Wäldern oft selten sind. Nebst toten Ästen gehören abgebrochene Starkäste sowie gebrochene Kronenspitzen zu dieser Form.

Wucherungen, das heisst Krebse, Maserknollen und Hexenbesen, werden oft durch reaktives Wachstum des Baumes nach einem parasitären oder mikrobiellen Angriff verursacht, um den Krankheitserreger zu isolieren. Nebst den genannten drei Typen umfasst diese Form von Baummikrohabiten auch Wasserreiser, die entweder genetisch bedingt sind oder sich infolge plötzlich erhöhter Lichteinwirkung des Stammes bilden können.

Pilzfruchtkörper sind Fortpflanzungsorgane von Pilzen. Es werden kurzlebige, weniger als ein Jahr sichtbare, und mehrjährige Fruchtkörper unterschieden. Fruchtkörper von Alt- und Totholz abhängiger (saproxylicher) Pilze deuten an sich auf eine hohe Pilzartenvielfalt hin, begünstigen aber auch andere Waldarten wie Käfer, Fliegen, Bienen, Schmetterlinge und Wanzen. Insgesamt gehören fünf BMH-Typen zu dieser Form (inklusive der Schleimpilze [Myxomyceten]).

Epiphytische, epixyliche oder parasitische Strukturen umfassen verschiedene Baummikrohabitate, für die der Baum hauptsächlich als physi-



Abb. 8. a) Diese Stieleiche zeigt, dass Spechte ihre Höhlen manchmal mehrere Jahre lang in den gleichen Baum meisseln. Verlassene Spechthöhlen können Zweitnutzern wie Vögeln, Fledermäusen, Nagetieren, Spinnen oder Wespen dienen. b) Es dauert viele Jahrzehnte, bis sich eine voluminöse Mulmhöhle gebildet hat. Sie ist eines der seltensten Baummikrohabitate in Wirtschaftswäldern. Für gewisse hochspezialisierte Käferarten ist sie unerlässlich. Aus diesem Grund sollte der Erhaltung von Mulmhöhlen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

sche Stütze dient. Dazu gehören Moose, Flechten, Farne oder Misteln sowie Nester von Wirbeltieren und Wirbellosen. Erwähnenswert sind auch die sogenannten Mikroböden, die sich entweder in Rindentaschen oder in den Mulden von Zwieseln aus organischem Material wie verrottenden Blättern, Rinde und Moosen bilden. Zu dieser Form gehören neun BMH-Typen.

Ausflüsse sind entweder aktive Saft- oder Harzflüsse. Käfer, Fliegen und Schmetterlinge sind die Hauptnutznieser der Saftströme.

nahmen in Zweierteams durchgeführt, obwohl eine erfahrene Person auch allein komplette Aufzeichnungen erstellen kann. Jeder Baum wird vom Stammfuss bis zur Krone inspiziert. Am besten geht man einmal um den Baum herum zum Absuchen des unteren Stammbereichs und ein zweites Mal, in grösserer Entfernung, für den oberen Bereich und die Baumkrone. Das sorgfältige Absuchen eines Baumes erfordert zwischen einer und drei Minuten, je nach Grösse, Anzahl BMH, Hangneigung und Detail-

lierungsgrad der Aufnahme. Der Mindstdurchmesser muss zweckdienlich festgelegt werden. Für Forschungs- und Monitoringzwecke empfehlen wir einen Schwellenwert von etwa 10–20 cm. Im Rahmen von routinemässigen Forstinventuren ist es ratsam, die Kluppschwelle den geltenden Inventarschwellen anzupassen. Für finanzielle Anreize gelten die von den Kantonen festgelegten Qualitätskriterien und Mindstdurchmesser.

Habitatbaumaufnahmen mit einem Smartphone

Die Lokalisierung, Identifizierung und Inventarisierung von Habitatbäumen sind eine Herausforderung. Eine kürzlich entwickelte Smartphone-Anwendung erleichtert die Aufgabe (HabiApp, Abb. 9). Diese Anwendung steht der Forstpraxis und Interessierten in den üblichen App Stores kostenlos zur Verfügung. Die App ermöglicht die Lokalisierung von Habitatbäumen per GPS, die standardisierte Erfassung ihrer Merkmale (Baumart, Durchmesser) und die Aufnahme von Fotos. Die Inventur der Baummikrohabitate basiert auf der Typologie von LARRIEU *et al.* (2018). Die aufgenommenen Daten können zum Beispiel der forstlichen Planung oder zu Monitoringzwecken dienen. Darüber hinaus werden sie dazu beitragen, die ökologische Waldinfrastruktur auf verschiedenen räumlichen Skalen zu beurteilen: lokal (Bestand), regional, kantonal oder gar national.

Wie werden Habitatbäume erfasst?

Baummikrohabitate sind oft nur klein. So ist es beispielsweise schwierig, mit blossen Auge eine in 20 Metern Höhe gelegene Kleinspechthöhle zu entdecken. Deshalb empfehlen wir, mit einem Fernglas zu arbeiten. Ausserdem sind Aufnahmen, die im laublosen Zustand der Bäume durchgeführt werden, einfacher und genauer. Die subjektive Wahrnehmung spielt auch eine wichtige Rolle für die Genauigkeit der BMH-Aufnahmen (PAILLET *et al.* 2015). Daher sind klare Anweisungen sowie eine einfache und eindeutige Methode unerlässlich. Im Idealfall werden die Auf-

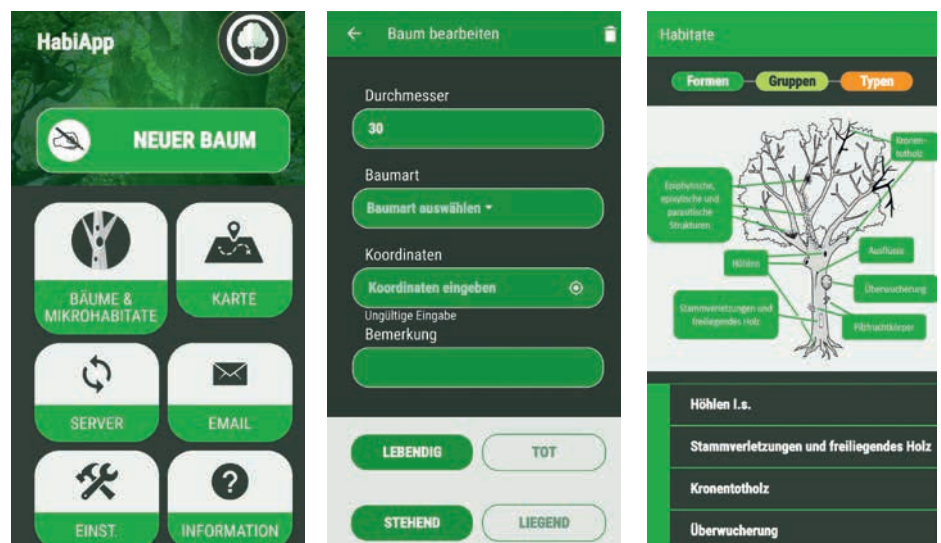


Abb. 9. Anwendung für die Aufnahme von Habitatbäumen mit dem Smartphone.

Wie viele Habitatbäume sollen erhalten werden?

Je grösser die Habitatbaumdichte in einem Waldbestand ist, desto besser wird die damit verbundene Artenvielfalt gefördert. Allerdings wird man in Wirtschaftswäldern einen Kompromiss zwischen Holzproduktion und Erhalt der Biodiversität suchen. Neben dem Waldtyp sind auch das Alter der Bestände, die Intensität der Bewirtschaftung und das mögliche Vorhandensein seltener, spezialisierter Arten zu berücksichtigen. In einem Forstrevier mit intensiver Holzproduktion und nur wenigen Naturwaldreservaten und Altholzinseln werden mehr Habitatbäume benötigt, um die Auswirkungen der Holznutzung auf die von Baummikrohabitaten abhängigen Organismen zu mildern. Ausserdem benötigen nicht mobile, stark spezialisierte Arten eine höhere Habitatbaumdichte als mobile generalistische Arten.

Ein Baummikrohabitat ist immer temporär (siehe Box «Baummikrohabitate sind vergänglich»). Es kann aus drei Gründen verschwinden: 1) wenn der Baum geerntet wird oder natürlicherweise umfällt; 2) durch seine natürliche Entwicklung hin zu einem anderen BMH-Typ, zum Beispiel eine Verletzung, die im Laufe der Zeit in eine Mulmhöhle übergeht, oder durch den Tod des Habitatbaums, der die mikroklimatischen Eigenschaften verändert; und 3) wenn das BMH vorübergehend nicht mehr von Organismen genutzt werden kann, wie z. B. ein Dendrotelm, das während einer Periode

ohne Regen austrocknet. Folglich ist eine regelmässig wiederholte Auswahl von Habitatbäumen unerlässlich. Zudem müssen BMH so zahlreich und räumlich so verteilt sein, dass sie für ihre Bewohner erreichbar sind. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es noch wenig Informationen über die räumliche Verteilung von BMH und deren zeitliche Dynamik. Dennoch findet man einige Empfehlungen für die räumliche Mindestdichte von Habitatbäumen im Wirtschaftswald, die von 5 bis mehr als 10 Bäumen pro Hektar reichen (SCHEIDEGGER und STOFER 2015; BÜTLER *et al.* 2013; WINTER *et al.* 2016; MERGNER 2018).

Eine empfohlene Managementstrategie zur Förderung der an BMH gebundenen Artenvielfalt kombiniert zwei sich ergänzende Ansätze: i) die Schaffung von Waldreservaten und Altholzinseln als Flächen mit ständiger freier Entwicklung, um so die natürlichen Prozesse aufrecht zu erhalten und ii) die Erhaltung von Habitatbäumen auf der gesamten Wirtschaftswaldfläche. Flächen ohne Forsteingriffe ermöglichen eine hohe räumliche Dichte von Baummikrohabitaten, was in Wirtschaftswäldern trotz integrativer Ansätze mit naturnaher Bewirtschaftung schwierig zu erreichen ist (PAILLET *et al.* 2017; MERGNER 2018). Ein Anteil von etwa 10–20 Prozent der Waldfläche, der der natürlichen Dynamik gewidmet ist, scheint notwendig zu sein, um die Vielfalt der Waldarten weitgehend zu erhalten (LARRIEU *et al.* 2012; BOUGET und PARMAIN 2016). Nach LARRIEU *et al.* (2014) sollten Flächen in Buchen-

Tannen-Mischwäldern, die der natürlichen Dynamik gewidmet sind, mindestens 10 Hektar (idealerweise >20 Hektar) gross sein, um die ganze Vielfalt der BMH langfristig zu erreichen und zu erhalten.

Zielwerte und Richtlinien

Die Zielwerte in den Richtlinien der Forstdienste oder Bundesämter liegen deutlich unter den von Wissenschaftlern formulierten Schwellenwerten, da sie das Ergebnis von Kompromissen in den Verhandlungsprozessen der Forstpolitik sind. Es ist jedoch ungewiss, ob das Erreichen dieser Zielwerte tatsächlich BMH-abhängige Arten zu erhalten vermag.

In der Schweiz hat das Bundesamt für Umwelt BAFU als nationales Ziel bis 2030 die Erhaltung von 3–5 Habitatbäumen pro Hektar Waldfläche definiert, dies in Kombination mit 2–3 Prozent Altholzinseln und 5 Prozent Naturwaldreservaten ohne waldbauliche Eingriffe (IMESCH *et al.* 2015). Baden-Württemberg strebt die dauerhafte Ausscheidung von einer Habitatbaumgruppe – ungefähr 15 vor- und mitherrschende Bäume – pro drei Hektar Staatswald an (ForstBW 2015 und 2016). Mit diesem Ziel wird ein theoretischer Durchschnittsabstand von etwa 170 Metern zwischen den einzelnen Habitatbaumgruppen erreicht. Die Bayerischen Staatsforsten wollen auf Dauer eine Dichte von zehn Habitatbäumen pro Hektar in allen naturnahen Beständen eines gewissen Alters erreichen (Bayerische Staatsforsten AÖR 2009). Ein besonders biodiversitäts-



Abb. 10. Immer häufiger werden Habitatbäume in Wirtschaftswäldern markiert, um deren langfristige Erhaltung zu gewährleisten. Kanton Waadt (a), französische Staatswälder (b), Bayern (c).

freundliches Konzept wurde im Steigerwald in Nordbayern auf 17 000 Hektar Wald umgesetzt: Es umfasst den Erhalt von 10 Habitatbäumen pro Hektar sowie 210 Altholzinseln zwischen 0,3 und 20 Hektar Grösse als Trittsteine zwischen den sechs Naturwaldreservaten (Bayerische Staatsforsten AÖR 2017). Dieses Konzept zeigt Erfolge und hat zur Steigerung der lokalen Waldbiodi-

versität beigetragen. So hat sich beispielsweise der Schwarzkäfer *Bolitophagus reticulatus*, eine in den Fruchtkörpern des Pilzes *Fomes fomentarius* lebende, in der Schweiz sehr seltene und in ganz Bayern bedrohte Art, im gesamten Steigerwald ausgebreitet (ZYTYSKA *et al.* 2018).

Auch andere deutsche Bundesländer wie Hessen oder Rheinland-Pfalz und

mehrere Schweizer Kantone verfügen über Alt- und Tothholzkonzepte einschliesslich der Förderung von Habitatbäumen. In Frankreich hat das Office national des forêts ONF, der Verwalter des öffentlichen Waldes, für den Staatswald obligatorische und für andere Kommunalwälder empfohlene Normen herausgegeben: mindestens zwei Höhlenbäume und mindestens ein Dürrstän-

Empfehlungen für die Praxis

Die Erhaltung und Förderung von Habitatbäumen sollte fester Bestandteil jeder forstlichen Tätigkeit wie waldbauliche Pflege, Durchforstung und Holzschlag sein. Folglich gehören konkrete Angaben zur Auswahl, Anzahl und Verteilung von Habitatbäumen in die Betriebsrichtlinien von Forstunternehmen.

Empfehlungen für die Waldplanung:

- **Flächen ohne Eingriffe** ausweisen, die der natürlichen Dynamik gewidmet sind und wo Bäume altern und ihren ganzen Lebenszyklus vollenden können. Naturwaldreservate und Altholzinseln sind zwei Instrumente, die auch für den Erhalt von Habitatbäumen in grosser räumlicher Dichte geeignet sind. Solche Flächen sollten dauerhaft ausgeschieden werden, um schliesslich sämtliche Waldentwicklungsphasen darin vertreten zu haben. Altholzinseln sind als Trittsteinbiotope zwischen grösseren Schutzflächen nützlich und sollten wenn immer möglich grösser als 10 Hektar sein.
 - Für ein funktionelles Netzwerk aus typischen Naturwaldstrukturen sollen ergänzend zu den Flächen ohne Eingriffe **bewirtschaftete Bestände mit vielen Habitatbäumen** geplant werden.
 - **Mischbestände mit Nebenbaumarten fördern**, da die verschiedenen Baumarten unterschiedliche Baummikrohabitate tragen. Im Allgemeinen bilden kurzlebige **Pionierbaumarten** schnell BMH und tragen stark zu deren Vielfalt bei.
 - Bei jedem waldbaulichen Eingriff sind dessen Auswirkungen auf Baummikrohabitate zu beurteilen und die **Habitatbaumkandidaten** auszuweisen, also Bäume mit dem Potenzial, in Zukunft BMH zu tragen. Durch positive Auslese der Wertträger (Z-Bäume, Elitebäume) bleiben Habitatbäume erhalten, da es keinen Grund gibt, sie frühzeitig aufgrund ihres geringen wirtschaftlichen Wertes zu entfernen. Habitatbaumkandidaten von der Durchforstung an in Jungwaldbeständen belassen und markieren. Durch die früher bei der Pflege im Jungwuchs übliche Negativauslese von sehr vitalen Bäumen mit unerwünschtem groben Fehlwuchs wurde die Ausbildung von BMH oft eingeschränkt (MERGNER 2018; WINTER *et al.* 2016).
- Bei der Habitatbaumauswahl den **Schwerpunkt auf BMH-tragende, alte oder dicke Bäume legen**. Bäume, die bereits in frühem Alter BMH tragen, werden beim Älterwerden mit grosser Wahrscheinlichkeit noch weitere ausbilden. Denn im Allgemeinen korreliert der Durchmesser positiv mit der Anzahl BMH und die dicksten Bäume weisen die grösste Vielfalt an BMH auf. In der Regel können durch die Auswahl von Habitatbäumen mit Durchmessern von mehr als 50 cm bei Buche und 65 cm bei Weisstanne alle möglichen BMH-Typen erhalten werden (LARRIEU *et al.* 2014). Ab etwa einem Durchmesser von 90 cm (Buche) bzw. 100 cm (Weisstanne) tragen Bäume signifikant mehr BMH als dünnere Bäume (LARRIEU und CABANETTES 2012).
 - Auch **Pionier- und mitherrschende Nebenbaumarten erhalten**, da sie rasch BMH entwickeln.
 - Eine **Kombination aus gruppierten und verstreuten Habitatbäumen** anstreben.
 - Vielfältige BMH erhalten, mit **besonderer Beachtung der seltensten BMH** (Pilzfruchtkörper auf lebenden Bäumen, Spalten und Saftflüsse) sowie derjenigen mit **besonders langer Entwicklungszeit** (z. B. grosse Mulmhöhlen).
 - **Habitatbäumen an Waldrändern** und entlang linearer Strukturen wie Bachläufen und Teich- oder Seeufern besondere Beachtung schenken, da gewisse BMH wie Saftflüsse oder Spalten dort häufiger vorkommen als im Waldesinnern.
 - Ebenfalls **stehende tote Bäume erhalten**, denn sie tragen durchschnittlich mehr BMH als lebende Bäume (VUIDOT *et al.* 2011) und stellen einen grossen Teil bestimmter BMH bereit, insbesondere Pilzfruchtkörper und Spalten (LARRIEU und CABANETTES 2012).
 - Für Habitatbaumaufnahmen die **Typologie von LARRIEU *et al.* (2018) benützen** (Abb. 7), mit den jeweiligen Aufnahmeschwellenwerten. Je nach Zielsetzung können 7 Formen, 15 Gruppen oder 47 Typen von BMH verwendet werden.
 - **Habitatbäume im Feld markieren** (Abb. 10) und ihre Koordinaten und andere Merkmale (Durchmesser, Baumart, BMH) aufnehmen, um sie langfristig zu sichern und zu erhalten. So wird es auch den künftigen lokalen Entscheidungsträgern möglich sein, diese Habitatbäume in der forstlichen Planung zu berücksichtigen.

Empfehlungen im Waldbestand:

- In den bewirtschafteten Beständen mindestens **sechs bis zehn Habitatbäume pro Hektar** anstreben, um die Auswirkungen der forstlichen Nutzung auf die von Baummikrohabitaten abhängigen Organismen abzumildern.

der oder absterbender Baum pro Hektar (ONF 2009). In Privatwäldern verpflichten sich nur Eigentümer, die Mitglieder der Zertifizierungslabels PEFC oder FSC sind, mindestens einen alten respektive sehr dicken Baum oder einen Höhlenbaum pro Hektar zu erhalten (PEFC 2016) und mindestens zwei Habitatbäume (gemäß einer Liste von 12 BMH-Typen) mit dem Ziel, am Ende der Laufzeit des Wirtschaftsplans fünf Habitatbäume pro Hektar gesichert zu haben (FSC 2017). Solche Konzepte decken auch andere für den Waldbewirtschafter wichtige Aspekte ab wie z. B. die Sicherheit oder die Markierung von Habitatbäumen im Wald.

Zusammengefasst tragen jegliche Bemühungen zur Erhaltung und Förderung von Habitatbäumen durch geeignete waldbauliche Praktiken dazu bei, die Artenvielfalt von Waldbeständen zu erhöhen. Die Artenvielfalt erbringt verschiedene ökologische Dienstleistungen, die von der Gesellschaft zunehmend geschätzt werden, und trägt dazu bei, die Widerstandsfähigkeit (Resistenz) und Anpassungsfähigkeit (Resilienz) der Wälder gegenüber Störungen zu erhöhen.

Literatur

Bayerische Staatsforsten AöR, 2009: Naturschutzkonzept der Bayerischen Staatsforsten. Regensburg. 13 S.

Bayerische Staatsforsten AöR, 2017: Naturschutzkonzept für den Forstbetrieb Ebrach. Regensburg. 84 S.

BOUGET, C.; PARMAN, G., 2016: Effects of landscape design of forest reserves on saproxylic beetle diversity. *Conserv. Biol.* 30: 92–102.

BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F.; KRAUS, D.; LARRIEU, L., 2020: Taschenführer der Baummikrohabitate. Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 59 S.

BÜTLER, R.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; PAILLET, Y., 2013: Habitatbäume: Schlüsselkomponenten der Waldbiodiversität, 86–95. In: KRAUS, D.; KRUMM, F. (Hrsg.) *Integrative Ansätze als Chance für die Erhaltung der Artenvielfalt in Wäldern*. European Forest Institute. 300 S.

BÜTLER, R.; LACHAT, T., 2009: Wälder ohne Bewirtschaftung: eine Chance für die saproxylic Biodiversität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 160: 324–333.

COMMARMOT, B.; BRÄNDLI, U.-B.; HAMOR, F.; LAVNYI, V. (ed.) 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 p.

COURBAUD, B.; PUPIN, C.; LETORT, A.; CABANETTES, A.; LARRIEU, L., 2017: Modelling the probability of microhabitat formation on trees using cross-sectional data. *Methods Ecol. Evol.* 8: 1347–1359.

EMBERGER, C.; LARRIEU, L.; GONIN, P., 2016: Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. *Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)*. Paris, Institut pour le développement forestier. 58 p.

ForstBW (Hrsg.) 2015: *Gesamtkonzeption Waldnaturschutz ForstBW*. Stuttgart. 60 S.

ForstBW (Hrsg.) 2016: *Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg*. Stuttgart. 44 S.

FSC 2017: *Référentiel FSCR pour la Gestion Responsable des Forêts Françaises*. fr.fsc.org/fr-fr/certification/gestion-forestiere/le-rferentiel-fsc-et-ses-outils (abgerufen am 31.05.2019)

IMESCH, N.; STADLER, B.; BOLLIGER, M.; SCHNEIDER, O., 2015: *Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald*. Bern, Bundesamt für Umwelt. *Umwelt-Vollzug* 1503: 186 S.

KOZÁK, D. *et al.*, 2018: Profile of tree-related microhabitats in European primary beech-dominated forests. *For. Ecol. Manag.* 429: 363–374.

KRAUS, D. *et al.*, 2017: *Spatially explicit database of tree-related microhabitats (TreMs). Version 1.2. Integrate+project*. GBIF Dataset repository.

KRAUS, D.; BÜTLER, R.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; MERGNER, U.; PAILLET, Y.; RYDKVIST, T.; SCHUCK, A.; WINTER, S., 2016: *Katalog der Baummikrohabitate – Referenzliste für Feldaufnahmen*. Integrate+ Technical Paper. 16 S.

LARRIEU, L.; PAILLET, Y.; WINTER, S.; BÜTLER, R.; KRAUS, D.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; MICHEL, A.K.; REGNERY, B.; VANDERKERKHOVE, K., 2018: Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, 84: 194–207.

LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; GOUIX, N.; GOUIX, N.; BURNEL, L.; BOUGET, C.; DECONCHAT, M., 2017: Development over time of the tree-related microhabitat profile: the case of lowland beech-oak coppice-with-standards set-aside stands in France. *Eur. J. For. Res.* 136:37–49.

LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; BRIN, A.; BOUGET, C.; DECONCHAT, M., 2014: Tree microhabitats at the stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *Eur. J. For. Res.* 133: 355–367.

LARRIEU, L.; CABANETTES, A.; DELARUE, A., 2012: Impact of silviculture on dead wood and on the distribution and frequency of tree microhabitats in montane beech-fir forests of the Pyrenees. *Eur. J. For. Res.* 131: 773–786.

LARRIEU, L.; CABANETTES, A., 2012: Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Can. J. Forest Res.* 42: 1433–1445.

LASSAUCE, A.; LARRIEU, L.; PAILLET, Y.; LIEUTIER, F.; BOUGET, C., 2013: The effects of forest age on saproxylic beetle biodiversity: implications of shortened and extended rotation lengths in a French oak high forest. *Insect Conserv. Div.* 6, 3: 396–410.

MERGNER, U., 2018: *Das Trittsteinkonzept*. Euerbergverlag. 138 S.

ONF, 2009: *Conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques*. INS-09-T-71.

PAILLET, Y.; ARCHAUX, F.; BOULANGER, V.; DEBAIVE, N.; FUHR, M.; GILG, O.; GOSSELIN, F.; GUILBERT, E., 2017: Snags and large trees drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. *For. Ecol. Manag.* 389: 176–186.

PAILLET, Y.; COUTADEUR, P.; VUIDOT, A.; ARCHAUX, F.; GOSSELIN, F., 2015: Strong observer effect on tree microhabitats inventories: a case study in a French lowland forest. *Ecol. Indic.* 49: 14–23.

PEFC/FR ST 1003-1, 2016: *Règles de la gestion forestière durable; exigences pour la France métropolitaine*. www.pefc-france.org/media/2017/09/03-PEFC-FR-ST-1003-1-2016-regles-de-la-gestion-forestiere-durable-exigences-pour-la-france-metropolitaine.pdf (abgerufen am 31.05.2019)

RANIUS, T.; NIKLASSON, M.; BERG, N., 2009: Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *For. Ecol. Manag.* 257, 1: 303–310.

SCHIEDEGGER, C.; STOFER, S., 2015: Bedeutung alter Wälder für Flechten: Schlüsselstrukturen, Vernetzung, ökologische Kontinuität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 166, 2: 75–82.

THUNES, K.H.; WILLASSEN, E., 1997: Species composition of beetles (Coleoptera) in the bracket fungi *Piptoporus betulinus* and *Fomes fomentarius* (Aphyllophorales: Polyporaceae): an explorative approach with canonical correspondence analysis. *J. Natural History*, 31: 471–486.

VUIDOT, A.; PAILLET, Y.; ARCHAUX, F.; GOSSELIN, F., 2011: Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biol. Conserv.* 144: 441–450.

WINTER, S.; MÖLLER, G.C., 2008: Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *For. Ecol. Manag.* 255: 1251–1261.

WINTER, S.; BEGEHOLD, H.; HERRMANN, M.; LÜDERITZ, M.; MÖLLER, G.; RZANNY, M.; FLADE, M., 2016: Praxishandbuch – Naturschutz im Buchenwald. Naturschutzziele und Bewirtschaftungsempfehlungen für reife Buchenwälder Nordostdeutschlands. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. 186 S. ISBN 978-3-00-051827-0.

YACHI, S.; LOREAU, M., 1999: Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 4: 1463–1468.

ZYTYNSKA, S.E.; DOERFLER, I.; GOSSNER, M.M.; STURM, S.; WEISSER, W.W.; MÜLLER, J., 2018: Minimal effects on genetic structuring of a fungus-dwelling saproxylic beetle after recolonisation of a restored forest. *J. Appl. Ecol.* 55: 2933–2943.

Weiterführende Informationen

Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. Lachat, T. *et al.* 2019. *Merkbl. Prax.* 52: 12 S.

Taschenführer der Baummikrohabitate. Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen. Bütler, R. *et al.* 2020. 59 S.

www.habitatbaum.ch
www.totholz.ch

Abbildungen

Rita Bütler (Abb. 1, 6 links, 8, 10a), Laurent Larrieu (Abb. 6 rechts) Yoan Paillet (Abb. 10b), Daniel Kraus (Abb. 10c).

Kontakt

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

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

Zitierung

BÜTLER, R.; LACHAT, T.; KRUMM, F.; KRAUS, D.; LARRIEU, L., 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. *Merkbl. Prax.* 64.12 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentrat 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. 63: Die Roten Waldameisen – Biologie und Verbreitung in der Schweiz. B. Wermelinger *et al.* 2019. 12 S.

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

Nr. 56: Siedlungs- und Landschaftsentwicklung in agglomerationsnahen Räumen. Raumansprüche von Mensch und Natur. S. TOBIAS *et al.* 2016. 16 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

