



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Bachelorarbeit

Baummikrohabitate in der Kernzone „Hollergraben“ des Biosphärenpark Wienerwald und ihr Potential für das Biodiversitätsmonitoring

Am Beispiel der Fledermäuse

*Tree-related Microhabitats in the corezone “Hollergraben” of the biosphere
park Wienerwald and their potential for biodiversity monitoring*

At the example of bats

verfasst von

Vera WENGER

im Rahmen des Bachelorstudiums

Umwelt- und Bioressourcenmanagement

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science

Wien, April 2022

Betreut von:

Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Splechna

Institut für Integrativen Naturschutz

Department für Integrative Biologie und Naturschutz

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 1.04.2022

Vera WENGER (eigenhändig)

Danksagung

Für die Fertigstellung dieser Arbeit habe ich besonders meinem Betreuer zu danken. Ebenso möchte ich mich bei dem BPWW bedanken für die Bereitstellung von Daten, ohne welche diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Mein allermeist Dank gilt allerdings meinen FreundInnen, welche mir mit Tatkraft zur Seite standen. Welche die Arbeit korrigiert, ihre viel geschätzten Meinungen beigetragen haben und sich von Beginn bis Ende der Arbeit alle meine Ideen und Überlegungen geduldig und mit wertvollen Kritikpunkten angehört haben. Welche mir ein zweites Paar Augen für den Blick auf meine Arbeit geliehen haben. Welche mich in Momenten des Selbstzweifels motiviert und unterstützt haben. Danke dafür!

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagung.....	ii
1. Einleitung.....	1
2. Methoden.....	3
3. Ergebnisse.....	5
3.1. Baummikrohabitate als Biodiversitätsindikatoren	5
3.2. Fledermäuse und Baummikrohabitate	6
3.2.1. Waldbiodiversität als Voraussetzung für Fledermauspopulationen	6
3.2.2. Entstehung und Voraussetzungen von Fledermausquartieren	7
3.2.3. Bedeutung von Baummikrohabitaten für Fledermäuse	8
3.3. Ergebnisse der praktischen Erhebungen in der KZO Hollergraben.....	9
3.3.1. Allgemeine Auswertungen der Erhebungsflächen.....	9
3.3.2. Häufigkeiten von BMH.....	10
3.3.3. Untersuchung des Einflusses der Erhebungsflächengröße auf die Ergebnisse..	11
3.4. Zusammenhang Fledermausarten und BMH	12
4. Diskussion	14
4.1. Häufigkeiten von BMH im Vergleich.....	14
4.2. Vergleich unterschiedlicher Flächengrößen	15
4.3. Zusammenhänge zwischen Fledermäusen und struktureller Vielfalt	16
4.4. Ambivalenz des Waldes: Forstwirtschaft & Naturschutz	18
5. Conclusio	20
Literaturverzeichnis	22
Anhang A: Codierung von Baummikrohabitaten(für Erhebungen).....	24

Kurzzusammenfassung/Abstract

Baummikrohabitate sind ein vielversprechendes Konzept im integrativen Naturschutz. Dabei geht es darum, biologische Besonderheiten an Bäumen, wie etwa Höhlen, Flechten, Pilze und etwaige Beschädigungen als Mikrohabitate zu benennen und damit ihren ökologischen Wert auszudrücken. In der vorliegenden Arbeit wurde der rezente Ansatz, Baummikrohabitate als Biodiversitätsindikatoren zu verwenden, unter die Lupe genommen. Dabei stellte sich heraus, dass die Diskussion vielschichtig und noch nicht zu Ende ist. Es lässt sich sagen, dass Baummikrohabitate vermutlich am besten als Ergänzung bereits bestehender Indikator Konzepte Verwendung finden können. Als Beispiel für die Betrachtung von Biodiversität mittels Baummikrohabitaten wurde die Gruppe der Waldfledermäuse herangezogen. Im Untersuchungsgebiet wurde eine Dichte von 2,3 BMH/Baum erhoben. Aufgeschlüsselt nach den untersuchten Plots und dazugehörigen Fledermausdaten, fand sich ein leichter positiver Trend von einer höheren Dichte bei einer höheren Fledermausartenzahl. Ebenso wurde herausgearbeitet, wie die Baummikrohabitate verwendet werden können, um für Fledermauspopulationen wichtige Strukturen in der Forschung und Öffentlichkeitsarbeit aufzuzeigen.

Schlagworte: Baummikrohabitate, Biodiversitätsindikatoren, Fledermausquartiere

Tree-related microhabitats are a fascinating concept, which has been around in scientific research for some time now but has become increasingly widespread in recent years. It is a useful way to describe different microstructural characteristics like cavities or bryophytes and to showcase their importance for numerous forest dwelling creatures. In this paper the discussion about the usage of Tree-related microhabitats as biodiversity indicators is explored and the main results are the multiplicity of the topic and the enrichment through the concept for existing monitoring efforts as deeper understanding of structural diversity. As an example of the potential the concept inhibits for biodiversity monitoring, the nature conservation area BPWW was looked at with a focus on the connections between Microhabitats and bat populations. The value in this conception of structural diversity lies in its use to highlight these connections in research and even more so in the publicity of nature conservation.

Keywords: Treemicrohabitats, biodiversity-indicators, Bat-roosts

1. Einleitung

Wälder stellen in Mitteleuropa und somit auch in Österreich ein besonders artenreiches Ökosystem dar. Die Strukturvielfalt dieses Lebensraumes ist dabei ein wichtiges Element, welches die Artenvielfalt entscheidend beeinflusst. Unter anderem tragen auch Baummikrohabitate zu genau dieser Strukturvielfalt bei (Vuidot et al., 2011). Viele Arten sind auf bestimmte Strukturen, wie etwa Dentrotelmen oder Mulmhöhlen, spezialisiert und kommen daher nur in Beständen mit diesen Mikrohabitaten vor. Die Bedeutung für die Waldbiodiversität ergibt sich aus diversen Verbindungen zwischen waldbewohnenden Lebewesen und Mikrohabitaten sowie den Funktionen, welche sie für spezialisierte Arten, aber auch allgemein erfüllen

In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen zu den Zusammenhängen verschiedenster Arten mit einzelnen oder bestimmten Kombinationen von Mikrohabitaten. Halaj et al. (2000) fanden heraus, dass strukturelle Diversität in Bäumen ein entscheidender Faktor für das Vorkommen und die Verteilung von Spinnen in Wäldern ist. Die Bedeutung von hohlen, aber noch lebenden Bäumen wurde von Müller et al. (2013) im Zusammenhang mit saproxylichen Käfern hervorgehoben. Dabei waren diese Mikrohabitate besonders für Rote-Listen Arten ein wichtiges Refugium, um einen Rückzugsort in forstlich genutzten Beständen zu finden. Fritz und Heilmann-Clausen (2010) fanden einen spannenden Zusammenhang zwischen Mulmhöhlen und Flechten sowie Bryophyten, welche direkt unter ihnen wachsen. Dabei senken die durch Wind oder Regen ausgetragenen Mulmreste durch ihre basische Veranlagung den pH-Wert der Rinde direkt unterhalb der Mulmhöhle. Somit kreiert dieses Mikrohabitat vorteilhafte chemische Voraussetzungen für Flechten und Bryophyten und es ließen sich eine Vielzahl an gefährdeten Arten unterhalb von Mulmhöhlen nachweisen. Diese und noch einige weitere Forschungen, haben bereits die Beziehung zwischen Mikrohabitaten und verschiedensten waldbewohnenden Lebewesen nachgewiesen und verdeutlicht, oft allerdings im Rahmen eines experimentellen Ansatzes und nicht im Kontext eines Biodiversitätsmonitorings.

Trotz des allgemeinen Konsenses über die Wichtigkeit von Baummikrohabitaten (BMH) für die Strukturvielfalt und damit die Biodiversitäts-Förderung in Waldbeständen, gibt es nur eine begrenzte Anzahl an quantitativen Studien, welche sich mit dem Zusammenhang zwischen der Baummikrohabitate Dichte und Diversität und der Artenvielfalt beschäftigen. Diese Pilotstudie soll daher einen Überblick über die Konzeption von Baummikrohabitat - Erhebungen in einem bereits bestehenden Naturschutzmonitoring liefern und zur Beantwortung folgender Forschungsfrage beitragen: Wie gut eignen sich Baummikrohabitate als Indikatoren für die Waldbiodiversität und wie können sie in Naturschutzmonitoring Konzepte integriert werden?

Dazu wird in einem ersten Teil eine Literaturstudie der bereits durchgeführten, oft experimentellen Studien, welche die Beziehung zwischen Baummikrohabitaten und verschiedensten Arten sowie Artengemeinschaften untersuchten, vorgenommen. Daraus kann die Bedeutung des Forschungsbereiches besonders für Naturschutzgebiete und Biodiversitätsmonitoring ausgearbeitet werden. Ein Fokus liegt in dieser Studie auch auf einer detaillierten Betrachtung der Verbindung zwischen Fledermäusen und Baummikrohabitaten.

In einem zweiten Teil wird die Pilotstudie ausgewertet und die erhobenen Daten mit den vom Biosphärenpark Wiener Wald zur Verfügung gestellten Artendaten verglichen.

Im Rahmen der Pilotstudie wird sich in Erhebungsweisen und Standorten an dem bereits durchgeführte Biodiversitätsmonitoring orientiert. In diesem werden bereits eine Fülle an Arten und gewisse Strukturmerkmale, unter anderem Totholz erhoben. Durch die Anlehnung an bereits bestehende Vorgehensweisen sollen die Vorteile einer Aufnahme von Baummikrohabitat Konzepten in ein solches Monitoring von Naturschutzgebieten beleuchtet werden.

Die Relevanz des Themas wird auch in der Erweiterung des Diskurses zur Strukturvielfalt in Wäldern, in der Wissenschaft sowie in der Öffentlichkeit gesehen. In diesen Bereichen lag der Fokus in der Vergangenheit oftmals auf dem Stichwort Totholz (Kozák et al., 2018). Dieses fand medienwirksam Eingang in Diskussionen rund um Naturschutz und die Bedeutung von Artenvielfalt. Dabei deckt die Vielfalt, welche Totholz in ein Ökosystem einbringt, nur einen Teil der Leistungen aller Baummikrohabitate ab. Ebenso lebende Habitatbäume sind für diverse Strukturen wichtig (Martin et al., 2021). Wie Müller et al. (2013) in ihrer Forschung aufzeigen, sind etwa auch für saproxylische Käfer lebende Habitatbäume ein wichtiger Faktor. Die AutorInnen betonen den oft zu bemerkenden Fokus auf Totholz, wenn Forschung zu saproxylischen Käfern betrieben wird. Dadurch wird allerdings ein wichtiges ökologisch komplexes Habitat dieser Käfer vernachlässigt.

Die Bedeutung und das Potential von Baummikrohabitaten in der Naturschutz- und Biodiversitätsforschung werden in den letzten Jahren immer deutlicher. Mit Larrieu et al. (2018) gibt es eine weit verbreitete und einheitliche Klassifikation, Förderungskonzepte für Habitatbäume in Wirtschaftswäldern existieren bereits (Niedermann-Meier et al., 2010). Auch in der Öffentlichkeit findet das Thema schon vereinzelt Anklang (Strnadl, 2021). Die Aktualität des Themas zeigt sich ebenso in innovativen Ansätzen mithilfe von maschinenlernenden Algorithmen und flugunterstütztem Laserscanning die Erhebung der BMH großer Gebiete zu erleichtern (Santopuoli et al., 2020). Das Thema Baummikrohabitate ist derzeit hochaktuell und diese Bachelorarbeit hofft einen kleinen Beitrag zum derzeitigen Diskurs geben zu können.

2. Methoden

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde eine Pilotstudie zur Erhebung von Baummikrohabitaten in Naturschutzgebieten durchgeführt und abgeschätzt inwieweit Rückschlüsse auf Arten, insbesondere Fledermäuse, im Rahmen solcher Erhebungen möglich sind. Für die Datensammlung der Baummikrohabitate wurden eigene Erhebungen angestellt. Diese wurden im Biosphärenpark Wiener Wald durchgeführt, welcher über Kernzonen verfügt, die bereits seit 2003 keiner forstwirtschaftlichen Nutzung mehr unterstehen (Drozdowski et al., 2014). Dabei wurde die Kernzone Hollergraben, aufgrund ihrer leichten Zugänglichkeit, gewählt. Die Kernzone ist Teil des BPWW und damit seit über 13 Jahren aus der Nutzung genommen. Bingelkraut-Buchen (*Mercuriali-Fagetum*) ist die dominierende Waldgesellschaft, welche nur 3% der Gesamtfläche der Kernzonen ausmacht. Im Speziellen ist der Hollergraben der *Mercuriali-Fagetum allietosum* zuzuordnen, welche im Frühjahr gut wasserversorgte Standorte in Unterhangsituation besiedelt (Staudinger und Willner, 2014).

Es wurde vor den Erhebungen im Feld mithilfe der hierarchischen Typisierung nach Larrieu et al. (2018) ein Erhebungsbogen angefertigt, mit welchem 47 Baummikrohabitate unterschieden wurden. Alle Bäume im Untersuchungsgebiet, die einen BHD über 20cm aufwiesen, wurden auf diese Baummikrohabitate untersucht. Die Feldaufnahmen wurden an fünf Tagen in den KW 49 und 50, Anfang Dezember 2021 durchgeführt, wobei nur an schneefreien Tagen Erhebungen durchgeführt wurden. Neben den Baummikrohabitaten wurde auch der BHD jedes betrachteten Baumes erhoben, die Baumart bestimmt und der Zustand (lebend, tot) festgehalten. Zur Orientierung im Feld wurde von jedem Plot eine Skizze angefertigt, um auch ein erneutes Aufsuchen der Untersuchungsgebiete zu erleichtern.

Für die Aufnahmen wurden Plots des bereits im BPWW durchgeführten Biodiversitätsmonitoring (siehe Drozdowski et al., 2014) übernommen. Im Rahmen dieses wurden bereits zwei Untersuchungspunkte im der KZO Hollergraben ausgewiesen, welche für das Monitoring verschiedener Arten, darunter Fledermäusen, verwendet werden. Die Untersuchungspunkte sind mit einem Eisenkern markiert und konnten daher genau bestimmt werden. Ebenfalls sind sie mit blauen Markierungen an den umliegenden Bäumen gekennzeichnet. Diese Punkte wurden als Mittelpunkte für die Aufnahmeflächen übernommen. Bei den Erhebungen des Biodiversitätsmonitorings wurde u.a. Totholz in einem Quadrat mit einer Größe von 40x40m erhoben. Um den Einfluss der Flächengröße auf die Ergebnisse abschätzen zu können, wurde auch ein methodischer Vergleich durchgeführt. Dazu wurde zuerst ein Gebiet von 20x20m abgemessen und alle Baummikrohabitate in diesem aufgenommen. Dann wurde das größere Gebiet von 40x40m ausgemessen und alle weiteren Baummikrohabitate, welche in diesem zu finden waren, erhoben. Im Anschluss wurden jeweils die Mikrohabitate in dem kleineren Erhebungsgebiet und die Gesamtanzahl im 40x40 m Untersuchungsgebiet auf 1 ha hochgerechnet und verglichen, ob die Erhebungsgröße signifikante Auswirkungen auf die Ergebnisse hat.

Um eine bessere Aussagefähigkeit der Pilotstudie zu ermöglichen, wurden noch zwei weitere Plots in der Kernzone ausgewiesen. Dabei konnte auf ein Netz an Punkten, welches dem Basismonitoring des Biosphärenpark Wiener Wald entspringt, zurückgegriffen werden. Diese Punkte sind jeweils wie die ersten zwei auch mit Markierungen an Bäumen gekennzeichnet. Da allerdings keine Eisenkerne den genauen Punkt markieren, wurden die Mittelpunkte mit den Baummarkierungen konstruiert. Bei dem mit der Zahl 88 markierten Punkt wurde eine Luftlinie von der Markierung des größten Baumes zu der Markierung des kleinsten Baumes

gezogen und der Mittelpunkt, bei der Hälfte dieser Linie, genau 2 ½ m vom jeweiligen Baum entfernt, festgelegt. Der Mittelpunkt des vierten Plots wurde ebenso ermittelt.

Tote Bäume, welche zu einem Grad verrottet waren, dass keine Unterscheidung einzelner Arten mehr vorgenommen werden konnten, wurden in Überkategorien zusammengefasst. Für die Erhebungen war dabei nur die Kategorie Nadelbäume relevant. Um die Verbindungen zwischen Baummikrohabitaten und waldbewohnenden Lebewesen zu untersuchen wurden beispielhaft Daten über die Artenanzahl aus dem Fledermaus Monitoring, welche vom BPWW zur Verfügung gestellt wurden, verwendet. Die Daten wurden im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings in den Jahren 2012 und 2013 erhoben. Die Aufnahmen erfolgten in den Monaten Mai bis September. Dabei wurde an jedem Punkt ein batcorder für genau eine Nacht aufgestellt. Dieser wurde an einer Stange in einer Höhe von 2,5m befestigt, um Verzerrungen durch Echos zu vermeiden. Ebenso wurde darauf geachtet, dass keine Niederschläge für die Nacht der Erhebung vorhergesagt wurden und dass die Temperatur bei Sonnenuntergang mindestens 8°C betrug (Reiter et al., 2014).

Die Verteilung der vier Plots in der Kernzone kann der Karte in Abb. 1 entnommen werden. Die Lage der Kernzone, kurz außerhalb Wiens, ist in der Übersichtskarte zu sehen.

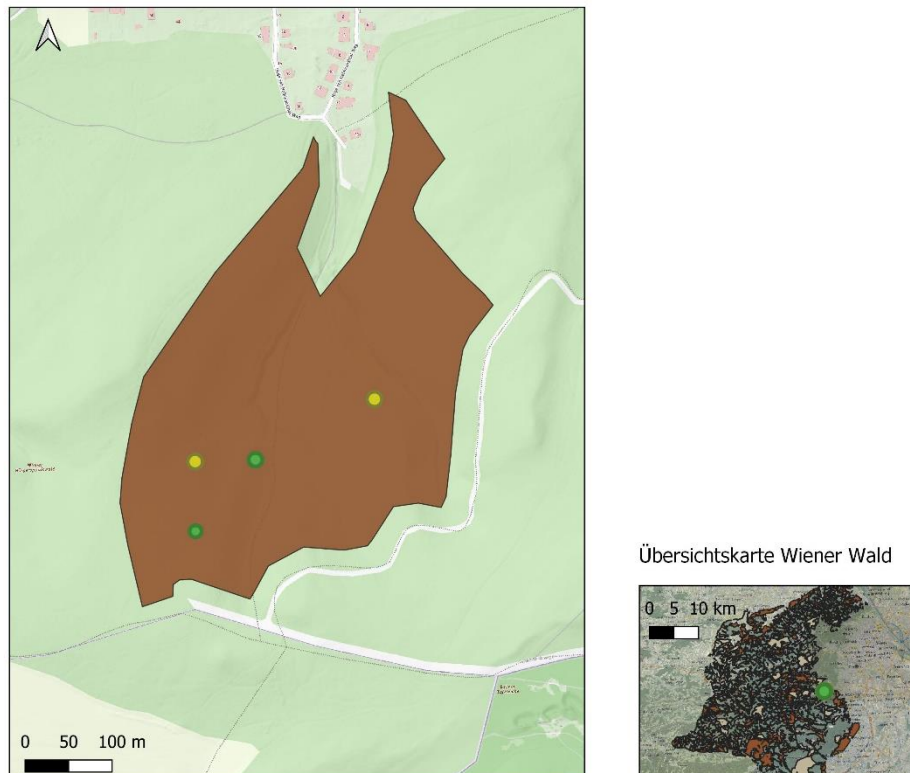


Abb. 1: Karte der Kernzone Hollergraben mit den erhobenen Stichprobenpunkten des bereits bestehenden Monitorings (gelb) und selbst ausgewiesenen (grün) und ihrer Lage in der Übersichtskarte des BPWW (Grundkarte: basemap.at | URL: <http://www.basemap.at/wmts/1.0.0/WMTSCapabilities.xml>)

Die Auswertung der Daten wurde mit dem Programm R durchgeführt und beschränkt sich größtenteils aufgrund der relativ geringen Datenmengen, die im Rahmen der Bachelorarbeit erhoben werden konnten, auf graphische Darstellungen und beschreibende Statistik.

3. Ergebnisse

3.1. Baummikrohabitate als Biodiversitätsindikatoren

Da für Baummikrohabitate bereits zahlreiche Verbindungen zu waldbewohnenden Lebewesen nachgewiesen worden sind, ist ihr Beitrag zur Biodiversität in Wäldern bereits ausreichend belegt und allgemein anerkannt. Eine interessante Eigenschaft von Baummikrohabitaten, besonders für das Naturschutzmonitoring ist, dass sie relativ leicht zu erkennen sind. Obwohl gewisse Vorkenntnisse sicherlich von Vorteil sind, werden keine spezifischen Artenkenntnisse benötigt. Dies ermöglicht es einer weiten Gruppe an Personen aussagekräftige Erhebungen durchführen zu können. Besonders in der Diskussion um die Relevanz von BMH als Biodiversitätsindikatoren, kann dies ein entscheidendes Argument sein (Michel und Winter, 2009).

Die Diskussion über die Eignung von Baummikrohabitaten als Indikatoren ist breit gefächert. Paillet et al. (2018) kritisieren, dass solche strukturellen Elemente aufgrund ihrer zeit- und ressourcenschonenden Erhebungsmöglichkeiten oft als Biodiversitätsindikatoren verwendet werden, ohne genügend wissenschaftliche Klarheit über ihre tatsächliche Aussagekraft zur Biodiversität des entsprechenden Ökosystems zu besitzen. Die ForscherInnen untersuchen in ihrer Studie speziell die Eignung von Baummikrohabitaten als Indikator für das Vorkommen von Fledermäusen, Vögeln und saproxylichen Käferarten. Sie fanden dabei, dass nur Artengruppen von Fledermäusen und Vögel in ihrem Vorkommen und ihrer Diversität durch das Heranziehen von BMH als erklärenden Variable beschrieben werden konnten. Für saproxyliche Käfer war der Zusammenhang so gering, dass die AutorInnen empfehlen, Baummikrohabitate nur als Indikator für bestimmte untersuchte Artengruppen wie Fledermäuse und Vögel zu verwenden, nicht allerdings als allgemeiner Biodiversitätsindikator. Diese sind nur ein zusätzlicher beschreibender Faktor von Biodiversität in Wäldern (Paillet et al., 2018).

Der Zusammenhang zwischen BMH Vorkommen sowie Diversität und Artengemeinschaften wurde auch in anderen Studien speziell für die Anwendung auf Vogel- und Fledermauspopulationen studiert. Regnery et al. (2013) fanden dabei, dass die Diversität an Baummikrohabitaten vor allem für höhlenbrütende Vogelarten der wichtigste Faktor für ihre Populationszusammensetzungen ist. Auch für Fledermäuse war dieser Faktor meist bedeutender als andere Merkmale in Waldstrukturen und Baumartendiversität. Daraus schlussfolgern die AutorInnen, dass sich die Dichte und Diversität von Baummikrohabitaten sehr wohl als Biodiversitätsindikator eignet.

“Tree microhabitat characteristics provide a reliable measure of ecological niches in forest ecosystems and we propose that these microhabitats be used as indicators for assessing biodiversity in forests” (Regnery et al., 2013).

Basile et al. (2020) betrachten in ihrer Studie den Zusammenhang zwischen Baummikrohabitat-Gruppen und Artengruppen. Im Besonderen untersuchten sie, inwiefern dieser Zusammenhang durch andere Umweltfaktoren (Gelände, Bodenbedeckung, Totholzvorkommen etc.) gegeben ist und eventuell nur fälschlicherweise den Baummikrohabitaten zugeordnet wird. Dazu drückten sie die Verbindungen zwischen klassischen Umweltfaktoren, Baummikrohabitaten und Artengemeinschaften mithilfe einer Korrelationsmatrix aus. Somit konnten sie den Einfluss der Umweltparameter auf die Arten von dem direkten Einfluss von Baummikrohabitaten trennen. Sie fanden mit dieser Methode

heraus, dass nur eine kleine Anzahl an Baummikrohabitaten mit spezifischen Arten direkt zusammenhängt. Schlussfolgernd eignen sich für die AutorInnen daher Baummikrohabitate nicht als allgemeine Biodiversitätsindikator, sondern sie können und sollen nur als Zeiger für die spezifischen Arten, mit welchen eine eindeutige Verbindung durch Studien belegt ist, verwendet werden (Basile et al. 2020).

Wie wichtig Strukturen im Wald besonders auch für Fledermäuse sind, soll im nächsten Kapitel näher dargestellt werden und die Verbindungen zwischen BMH und Fledermauspopulationen näher beleuchtet werden. Dadurch kann die Bedeutung des Konzeptes für die Erfassung von Artenvielfalt erfasst werden: Welche Bedeutung kann die Konzeption von BMH neben einem möglichen Biodiversitätsindikator noch haben?

3.2. Fledermäuse und Baummikrohabitate

3.2.1. Waldbiodiversität als Voraussetzung für Fledermauspopulationen

In der klassischen Vorstellung sind Fledermäuse meist als von düsteren, feuchten Steinhöhlen hängende, kleine Monster vorhanden. Die größten Berührungspunkte stammen von Zoobesuchen in dunklen nachgeahmten Höhlen oder der filmischen Verwendung als Schreckensmoment in einer Höhlenerkundung. Bäume sind ein meist selten assoziierter Aufenthaltsraum für diese von Legenden und Gerüchten umhüllten Tiere. Für viele Personen wäre es daher vermutlich überraschend zu erfahren, dass von den etwa 1100 weltweit bekannten Arten circa die Hälfte exklusiv Pflanzen, und vor allem Bäume, als Fledermausquartiere verwenden (Kunz und Fenton, 2005, S. 3). Diese Schlafplätze spielen dabei eine äußerst wichtige Rolle in der Ökologie von Fledermäusen. Sie sind ein bedeutender Faktor in ihrer Erforschung und Ausprägungen ihres Vorkommens sowie ihrer Diversität (Russo und Jones, 2003). Welch großen Einfluss ihre speziellen Schlafplätze auf die Spezies haben, zeigt sich auch in ihrem spezifisch angepassten Sozialverhalten und ihrer besonderen Morphologie. Der abgeflachte Schädel, das Zusammenhäuungsverhalten und die nächtlichen Streifzüge werden als Anpassungen angenommen (Kunz und Fenton, 2005, S. 3). Ein großer Teil des Lebens von Fledermäusen dreht sich um ihre Schlafplätze. Diese sind wichtig für ihre Paarung und den späteren Aufzug der Nachkommen, für ihre Überwinterung und sie bieten Raum zur sozialen Interaktion mit anderen Individuen. Daher ist es essenziell, dass Fledermäuse für ihre Ruhephasen untertags Orte finden, an denen sie vor Gefahren wie Beutegreifern, aber auch zu hohen oder zu niedrigen Temperaturen Schutz finden (Tillon, et al., 2016). Die größte Gefahr für die Tiere geht dabei von der klassischen Forstwirtschaft aus. Vor allem in Europa wird durch die kurzen Umschlagszeiten und teils intensiven Eingriffe die Entwicklung von entsprechender struktureller Vielfalt, welche Fledermäuse so dringend benötigen, unterbunden (Kroll et al., 2012).

Daher ist es unabdingbar, die Auswahl von geeigneten Bäumen mit Ruheplätzen und ihnen zugrunde liegende Mikrohabitate als eine Priorität der Fledermausforschung und im Besonderen des Fledermaus-Monitorings in Schutzgebieten zu sehen. Aus diesem Grund eignen sich Fledermäuse für die Betrachtung dieser Arbeit, welche sich mit BMH beschäftigt, besonders gut.

3.2.2. Entstehung und Voraussetzungen von Fledermausquartieren

Für ein besseres Verständnis der Faktoren, welche die Suche nach dem richtigen Schlafplatz ausmachen, ist es wichtig erst einmal die Charakteristiken der Entstehung von potenziellen Schlafplätzen und den Aufgaben, welche sie erfüllen müssen zu betrachten. Besonders essenziell ist dabei der Schutz vor Beutegreifern und ein günstiges, ausgeglichenes Mikroklima. Höhlenbrütende Fledermausarten sind, genauso wie einige Vögel, sekundäre Benutzer der Höhlen. Sie sind selbst nicht in der Lage eigene Höhlen zu erzeugen und sind daher auf Tiergruppen, wie Spechte und saproxyliche Insekten, angewiesen, welche Baumhöhlen in erster Instanz erzeugen (Kalcounis und Hecker, 1996). Diese höhlenerzeugenden Tierarten, werden dabei mit Pilzen und vor allem holzzeretzenden Pilzen unter den biotischen Faktoren, welche das Vorkommen von Höhlen beeinflussen, zusammengefasst (Tillon et al., 2016).

Zu der Auswahl von Höhlen durch Fledermäuse gibt es eine breite Palette an Forschungen für verschiedenste Arten in unterschiedlichen Teilen der Welt (etwa Parsons et al., 2003 für Kanada; Russo et al., 2004 für Mitteleuropa; Thomas, 1988 für pazifischen Nordwesten; Choe und Timm, 1985 für Costa Rica; Sedgley, 2006 für Neuseeland). In den meisten Studien geben dabei die AutorInnen für die Gründe dieser Auswahl Schutz vor Beutegreifern und klimatisch stabile Bedingungen an. Ein warmes Quartier ist dabei besonders bei einer Benützung zur Aufzucht des Nachwuchses unabdingbar, da sich Kälte äußerst negativ auf die Entwicklung junger und juveniler Fledermäuse auswirkt (Parsons et al., 2003).

Allgemein wird angenommen, dass Fledermäuse höhere Eingänge benutzen, um dadurch eine Begegnung mit, vor allem flugunfähigen, Beutegreifern zu vermeiden und einen leichten Startpunkt für Ausflüge zu haben (ebd.). Russo et al. (2004) fanden diese Annahme in ihrer Studie bestätigt. In dieser bevorzugte die untersuchte Fledermausart *Barbastella barbastellus* höhere Bäume für ihre Quartiere. Neben der Höhe wurde auch ein positiver Zusammenhang mit dem Anstieg des BHDs und der Anzahl der vorhandenen Höhlen gefunden. Ein interessanter Fund, welcher zuvor nicht zwangsläufig zu den allgemein anerkannten Annahmen über das Auswahlverhalten zählte, war der Zusammenhang mit abgebrochenen, beschädigten und toten Ästen der Krone. Die ForscherInnen fanden, dass bewohnte Bäume einen geringeren Bedeckungsgrad aufwiesen. Vermutlich lässt sich dieser Zusammenhang mit der dadurch größeren Sonneneinstrahlung der Höhlen und der besseren Zugänglichkeit erklären. Des Weiteren nehmen ForscherInnen an, dass Fledermäuse Höhlen mit möglichst kleinen Eingängen bevorzugen. Am besten sind diese gerade noch groß genug, damit die Individuen selbst den Eingang benutzen können, aber vor allen größeren Beutegreifern geschützt sind (Parsons et al., 2003).

Wie bereits erwähnt, spielen Fäulnispilze schon bei der Entstehung von Baumhöhlen eine bedeutende Rolle. Dabei können sie als alleinige Verursacher Baumhöhlen erzeugen oder als unterstützender Faktor für die Auswahl eines Baumes durch andere Höhlenbrüter dienen (ebd.). Besonders Stammfäulnis ist dabei wichtig, da durch diese etwa Spechten die Aushöhlung eines Baumes erleichtert wird. Pilze liefern auch für die Debatte, ob Fledermäuse eher in lebenden oder toten Bäumen Unterschlupf suchen, einen spannenden Ansatzpunkt. In der Studie von Parson et al. (2003) befanden sich alle untersuchten Mutterschaftsgruppen in Bäumen mit offensichtlichen Narben, was auf den Befall mit einem Fäulnispilz hindeutet. Dabei waren etwa dreiviertel der Bäume lebend. Dies verdeutlicht zum einen die Bedeutung von Pilzen für die Entstehung von Baumhöhlen und legt andererseits die Frage dar, wieso Fledermäuse bevorzugt in lebenden Bäumen verkehren. Ein Erklärungsversuch spekuliert, dass diese häufiger verwendet werden, da lebende Bäume noch ein intaktes Wurzelsystem besitzen und dadurch länger bestehen bleiben. Des Weiteren

scheint es wichtig sich näher mit der Art und Weise zu befassen, wie Fäulnis in lebenden und toten Bäumen vor sich geht. Bei lebenden Bäumen ist das Splintholz eine äußerst schwer zu durchbrechende Schutzschicht, welche das anfälligeren Kernholz vor Verletzungen und eben Pilzinvasionen schützt. Es ist vergleichsweise sehr hart und resistent gegenüber Pilzkrankheiten. Daher kann ein Pilz in der Regel nur durch eine Verletzung des Splintholzes bis zum Kernholz durchdringen, um dort den Fäulnisprozess in die Wege zu leiten. Dies zeigt sich auch an der Tatsache, dass alle verwendeten Baumhöhlen der Studie in Bäumen mit einer Narbe zu finden waren. Der spannende Teil der Fäulnis ereignet sich allerdings erst nach dem Eindringen des Pilzes in das Kernholz. Denn durch das noch lebende Splintholz ergibt sich eine schützende äußere Schicht der Baumhöhle. Diese schützt die Fledermäuse nicht nur vor Beutegreifern, da diese schwerer durch das solide Holz durchkommen, sondern hat den vermutlich entscheidenden Vorteil, dass sie sich regulierend auf die Temperatur in der Höhle auswirkt (Kalcounis und Hecker, 1996.). Da ein passendes Mikroklima für Fledermäuse wichtig ist, liegt die Annahme nahe, diesen Aspekt von Höhlen in lebenden Bäumen als entscheidenden Unterschied zu sehen. Kalcounis und Hecker (1996) haben in ihrer Studie den Einfluss von Mikroklima auf die Auswahl von Fledermausquartieren im speziellen für *Myotis lucifugus* festgestellt. Dabei fanden sie, dass die Anwesenheit von Fledermäusen in der Höhle die Temperatur um 5°C steigen ließ. Mit einer Durchschnittstemperatur der verlassenen Höhlen in lebenden Bäumen von 30°C fällt dieser Anstieg genau in die thermoneutrale Zone für diese Art. Dies erklärt eindeutig, wieso *M. lucifugus* fast ausschließlich in lebenden Bäumen zu finden war, da die Temperatur der verlassenen Höhlen in toten Bäumen durchschnittlich um ein paar Grad wärmer war und somit bei Anwesenheit der Fledermäuse zu einer kritischen Temperatur angestiegen wäre. Die AutorInnen bemerken auch, dass sich diese Observations auf Laubbäume beschränken, da Nadelbäume beim Eindringen von stammrottenden Pilzen keine solche solide äußere Schicht formen. Dies stimmt mit den Beobachtungen überein, dass besonders Laubbäume lebend bevorzugt werden, während bei Nadelbäumen eher tote Exemplare ausgewählt werden (Tillon et al., 2016). Des Weiteren fanden Russo et al. (2004), dass sich vor allem Brutkolonien in Höhlen lebender Bäume finden, was mit der bereits erwähnten erhöhten Empfindlichkeit von jungen Fledermäusen auf Temperaturschwankungen, übereinstimmt. Für andere Zwecke werden zwar auch lebende Baumhöhlen tendenziell bevorzugt, allerdings haben verschiedene Arten unterschiedliche Präferenzen. So fanden die AutorInnen etwa *Barbastella barbastellus* häufiger in toten Bäumen(ebd.).

3.2.3. Bedeutung von Baummikrohabitaten für Fledermäuse

Im vorangegangenen Abschnitt habe ich erläutert, wie strukturelle Vielfalt in einem Wald für Fledermäuse wichtig ist und besonders durch die Suche und die Notwendigkeit geeigneter Bäume für Quartiere, Fledermauspopulationen beeinflusst werden. Nun soll dieses Wissen in Verbindung mit dem übergreifenden Thema der Arbeit (Baummikrohabitate) in Zusammenhang gesetzt werden.

Das am Naheliegendsten Baummikrohabitat in Verbindung mit Fledermäusen ist wohl die Baumhöhle. Die Tiere sind auf diese als Rückzugsort, als Aufzugsort und als sozialen Vernetzungsraum mit ihren Artgenossen angewiesen. Wenig überraschend definierten auch Russo et al. (2004) die Anzahl der Höhlen auf einem Baum als die wichtigste erklärende Variable für das Vorkommen von Fledermäusen. Dabei fanden sie sowohl Höhlen hinter loser Rinde und Mulmhöhlen in gleichem Ausmaß, sowie eine Spechthöhle und einen vertikalen Spalt. In ihrer Auswertung war lose Rinde das am häufigsten verwendete Mikrohabitat. In diesem Artikel ist dabei nicht weiter differenziert, ob Rindentaschen mit

Öffnungen nach oben oder nach unten häufiger frequentiert wurden, weshalb beide BMH als gleich wichtig für Fledermäuse angenommen werden. Ebenso werden von Fledermäusen auch Stammhöhlen genutzt. Durch ihre Bodennähe und die dadurch erhöhte Gefahr durch Beutegreifer, werden sie tendenziell eher seltener ausgesucht, etwa bei einem Mangel an besseren Optionen kann es aber durchaus vorkommen. Besonders in tropischen Gebieten wird dieses Mikrohabitat öfters als Quartier verwendet. Dort sind auch Bäume mit Stützpeilern übliche Orte, um Fledermäuse anzutreffen (Kunz und Fenton, 2005, S. 7). Neben der direkten Dependenz zwischen Baumhöhlen und Fledermausvorkommen, spielen auch andere BMH eine Rolle. Russo et al. (2004) fanden in ihrer Studie, dass Bäume mit einem geringeren Bedeckungsgrad eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, Fledermäuse zu beherbergen. Die Erklärungen dafür wurden bereits in den vorangegangenen Abschnitten erläutert, hier ist entscheidend, dass durch diesen Fund abgebrochene und tote Äste in der Krone für Fledermauspopulationen relevante BMH werden. Aus dem Artikel von Kalcounis und Hecker (1996) geht noch eine weitere Art von relevanten BMH hervor. In diesem beschreiben die AutorInnen, wie wichtig Fäulnispilze und Stammfäulnis für die Ausbildung geeigneter Quartiere sind. Dabei spielen Verletzungen des Splintholzes eine bedeutende Rolle für den Fäulnisprozess. Dadurch sind die BMH, welchen diese zugeordnet werden (wie etwa Spalten, Holz ohne Rinde, Starkastbruch mit freiliegendem Kernholz etc.) auch ein Indikator für die potenzielle Präsenz von Fledermäusen in einem Baum. Neben den Verletzungen sind auf Bäumen mit Stammfäulnis auch externe Zeichen des Pilzes selbst zu finden. Diese äußern sich in Wucherungen am Baum, welche als Baumkrebs bezeichnet werden. Damit stellen diese ein weiteres Mikrohabitat dar, welches eine, wenn auch indirekte, Verbindung zum Fledermausvorkommen aufweist (ebd.).

Diese Aufzählung der in der Literatur direkt oder indirekt benannten Baummikrohabitate soll deutlich machen, wie ökologische Anforderungen von bestimmten Tiergruppen in die Konzeption der Baummikrohabitate übersetzt werden können und dadurch zum einen die strukturelle Biodiversitätsanforderung in einer klar übersichtlichen Form dargestellt werden kann. Des Weiteren kann so das bereits bestehende Wissen über benötigte und bevorzugte Habitate von verschiedenen Fledermausarten und der Spezies insgesamt in einer allgemein gültigen und international bekannten Art und Weise aufgearbeitet werden, was für etwaige Monitoring Bestrebungen und einem Vergleich verschiedener Forschungen von Vorteil sein könnte.

3.3. Ergebnisse der praktischen Erhebungen in der KZO Hollergraben

3.3.1. Allgemeine Auswertungen der Erhebungsflächen

Plot	Durchschnitts- BHD	kleinster BHD	größter BHD	BMH/Baum in 20m x20m	BMH/Baum in 40m x40m	Bäume
A	55,2	23	102	2	2,4	28
B	59,8	30	107	2	1,9	18
C	57,5	28	86	3,8	2,6	30
D	40,5	23	78	4	3,1	52

Abb. 2: Tabelle von nach Plots aufgeschlüsselten mittlere, kleinsten und größten BHD in cm und BMH/Baum für 20m x20m und 40m x 40m Quadrate

Der durchschnittliche BHD aller erhobene Bäume betrug in der vorliegenden Studie 53,2 cm. Wie in Abb.2 erkennbar befindet sich der größte BHD mit 107 cm in Plot B. Dieser Plot weißt auch den größten durchschnittlichen BHD von 59,8 cm auf. Plot D hingegen besitzt den kleinsten durchschnittlichen BHD von 40,5 cm. Auf diesem Plot wurden mit 52 Bäumen auch die meisten Individuen aufgenommen, wobei diese in Übereinstimmung mit dem eher niedrigen BHD, kleinere Bäume waren. In Plot B hingegen waren nur 18 Bäume vorhanden, welche meist einen eher großen BHD hatten.

Ein weiterer interessanter Vergleich ergibt sich bei der Gegenüberstellung der lebenden und toten erhobenen Bäume. In den erhobenen Daten ergab die Auswertung aller toten Bäume einen Durchschnitt von 6 BMH/Baum im Vergleich zu 2 BMH/Baum für lebende Bäume.

3.3.2. Häufigkeiten von BMH

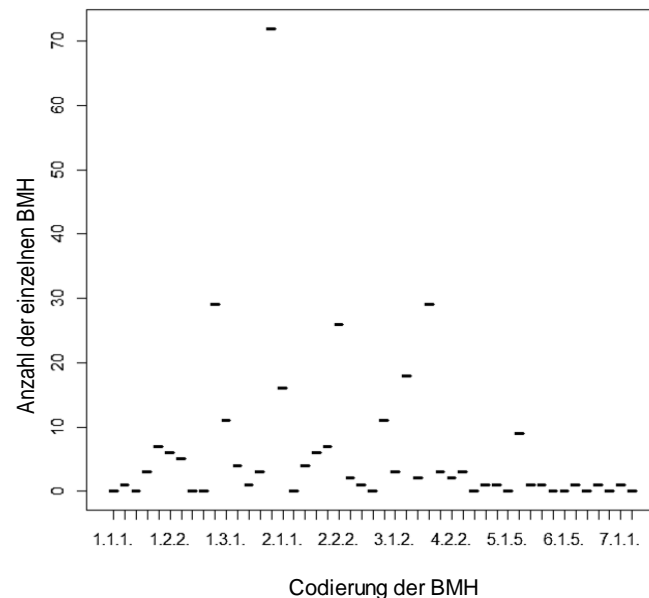


Abb.3 Häufigkeitsverteilung der einzelnen Mikrohabitate nach Codierung

In Abb.3 lässt sich deutlich erkennen, dass ein bestimmtes Mikrohabitat besonders häufig vorkam: Mit 72 Sichtungen fand sich auf mehr als der Hälfte aller untersuchten Bäume eine Stammfußhöhle. Die drei nächsthäufigsten Mikrohabitate mit je 29, 26 und 29 Sichtungen sind Asthöhlen, Starkastbruch mit freiliegender Kernholz und Wasserreißer. Insgesamt konnten dreiviertel aller BMH an den untersuchten Bäumen nachgewiesen werden.

Die Auswertung der Erhebungen ergab, dass durchschnittlich 2,3 BMH pro Baum gefunden wurden. Die Streuung ergibt sich mit 1,689 als rechtsschief mit beinahe 10 Bäumen, auf welchen kein einziges Mikrohabitat nachweisbar war und einigen wenigen mit bis zu 9 BMH pro Baum, wie in Abb. 4 ersichtlich

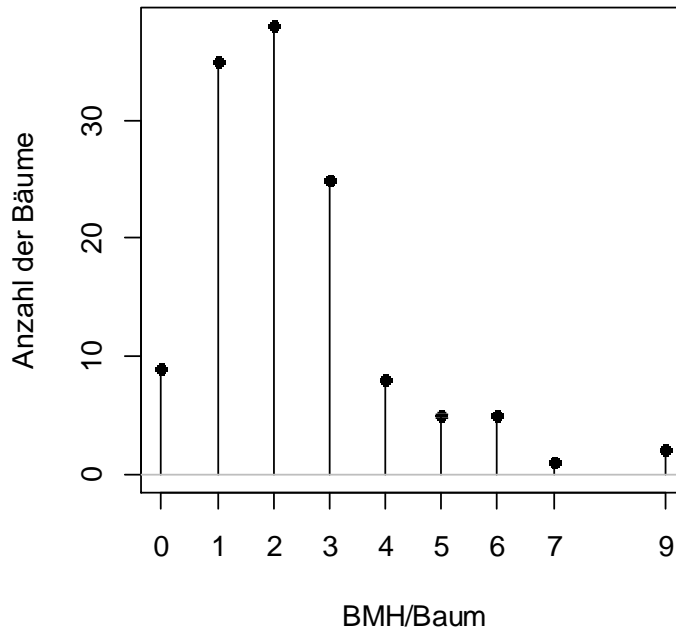


Abb.4 Häufigkeitsverteilung der BMH/Baum unter allen erhobenen Bäumen im Untersuchungsgebiet

3.3.3. Untersuchung des Einflusses der Erhebungsflächengröße auf die Ergebnisse

Um einen Methodenvergleich durchführen zu können, wurden auch die Daten auf Basis der unterschiedlichen Größen der Erhebungsgebiete ausgewertet.

Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass sich sichtbare Unterschiede aufgrund der verschiedenen Methodiken ergeben. Die Mittelwerte auf Basis der 20x20 m großen Untersuchungsfläche schwanken wie in Abb. 5 ersichtlich eindeutig mehr als jene auf Basis der 40x40 m großen Untersuchungsfläche in Abb. 6. Die Unterschiede in der Spannweite (durchschnittlich 2 bis 4 BMH/Baum zu durchschnittlich 1,87 bis 3,11 BMH/Baum) und die Varianz der Mittelwerte (1,182 zu 0,268) verdeutlichen noch einmal, dass in den ausgewerteten Daten eine Differenz aufgrund der Größe der Untersuchungsgebiete festzustellen ist.

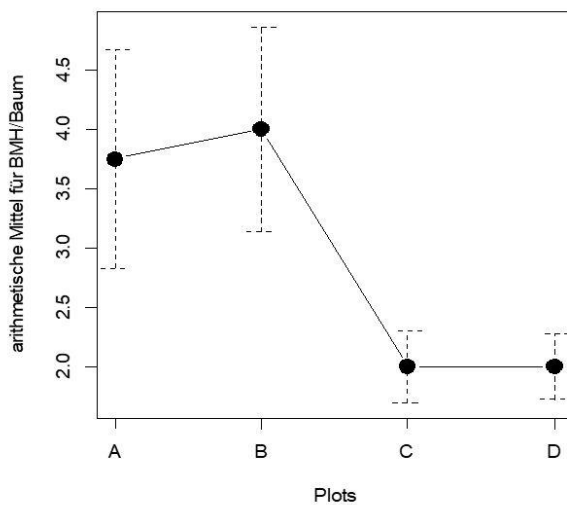


Abb. 5: Vergleich der Mittelwerte und Standardfehler aller Plots nach 20x20 Quadrat

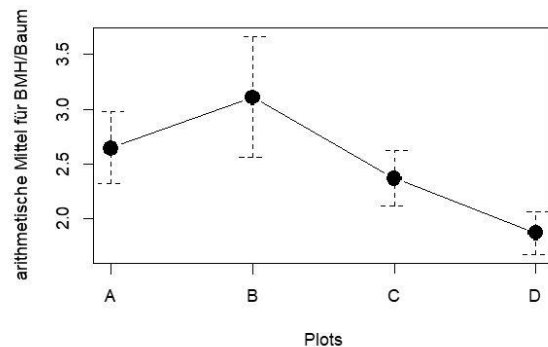


Abb. 6: Vergleich der Mittelwerte und Standardfehler aller Plots nach 40x40 Quadrat

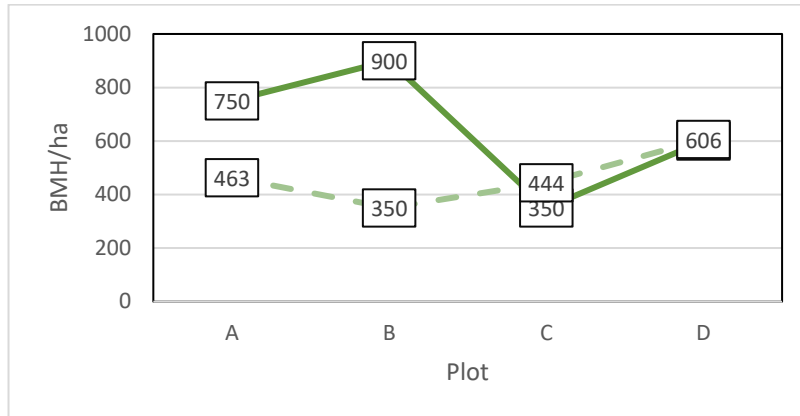


Abb. 7: Vergleich der Hochrechnungen auf BMH/ha basierend auf Aufnahmen aus den Erhebungsgrößen 20m x 20m (durchgehend) und 40m x 40m (strichliert)

Um einen Unterschied zwischen den verschiedenen Erhebungsmethoden noch weiter zu untersuchen, wurden die erhobenen BMH auf ha hochgerechnet. In Abb. 7 lässt sich ebenfalls erkennen, dass die Hochrechnungen der jeweiligen Plots auf Basis der ersten Methode der kleineren Quadrate stärker variieren. Die Varianz der ersten Methode ist dabei ebenfalls um ein Vielfaches höher und bestätigt die Differenzen. Besonders deutlich wird der Unterschied bei der Betrachtung des Plots B. In diesem zeigt sich, dass die Hochrechnung auf Basis der kleineren Untersuchungsgebiete zu einer beinahe 3x mal so hohen Schätzung führt wie eine Hochrechnung auf Basis des größeren Untersuchungsgebietes.

3.4. Zusammenhang Fledermausarten und BMH

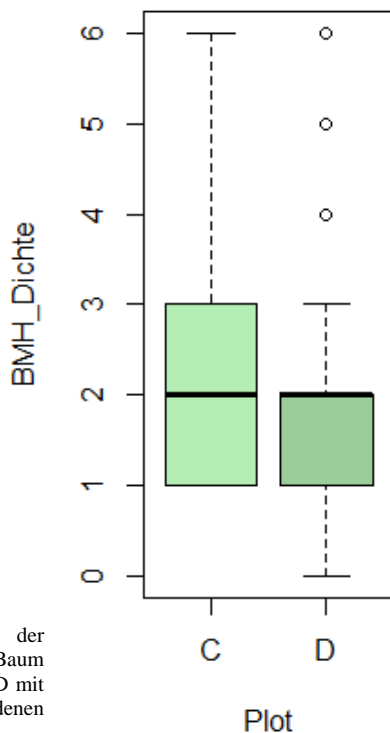


Abb. 8: Vergleich der BMH Dichte pro Baum für die Plots C und D mit je 3 und 11 verschiedenen Fledermausarten

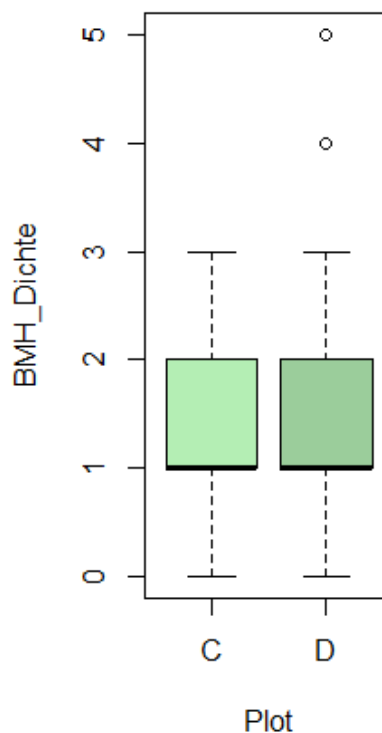


Abb. 9: Vergleich der BMH Dichte aller relevanten BMH für Fledermäuse für die Plots C und D mit je 3 und 11 Fledermausarten

Um die theoretisierte Verbindung zwischen dem Vorkommen von Fledermauspopulationen und BMH auf Basis der erhobenen Daten zu untersuchen, wurde die Verteilung von BMH in den zwei Plots, für welche die Fledermausarten zur Verfügung standen, in einer Graphik dargestellt (Abb. 8). Mit einem Durchschnittswert von 2,367 BMH/Baum ist der Mittelwert von Plot C auf welchem 11 Fledermausarten festgestellt wurden leicht höher als der Mittelwert von Plot D, mit nur 3 Fledermausarten, welcher 1,865 BMH/Baum beträgt. Die Varianz der beiden Plots ist mit je 1,96 und 2,04 sehr ähnlich, wobei sich in der Abb.8 eine stärkere Streuung nach oben erkennen lässt, was bedeutet, dass die untersuchten Bäume tendenziell zu mehr BMH neigen. Schlussendlich lässt sich eine leichte, aber doch vorhandene positive Tendenz zwischen der Dichte der BMH und der Anzahl der Fledermäuse erkennen. Um den Zusammenhang noch deutlicher zu untersuchen, wurden die BMH in einem weiteren Schritt nach ihrer ökologischen Wertigkeit für Fledermäuse betrachtet. Dafür wurden im vorangegangenen Kapitel (3.2.3) die für Fledermäuse und ihre Suche nach Quartieren am wichtigsten BMH aus der Literatur herausgearbeitet. Diese Mikrohabitate wurden in einem weiteren Schritt, genau wie zuvor mit den Daten aller erhobenen Mikrohabitate, verglichen. Dabei ergibt sich in Abb. 9 kein wirklicher Unterschied zwischen den untersuchten Plots. Ebenso ergibt ein Vergleich der prozentuellen Anteile von Bäumen mit geeigneten BMH an allen Bäumen in den Plots einen vernachlässig kleinen Unterschied. In Plot C besitzen 83% aller Bäume geeignete BMH und in Plot D 80%. Ein klareres Bild ergibt die Aufschlüsselung der BHD der betrachteten Bäume. In Abb. 10 ist zu erkennen, dass die Bäume in Plot C tendenziell größere BHD aufweisen.

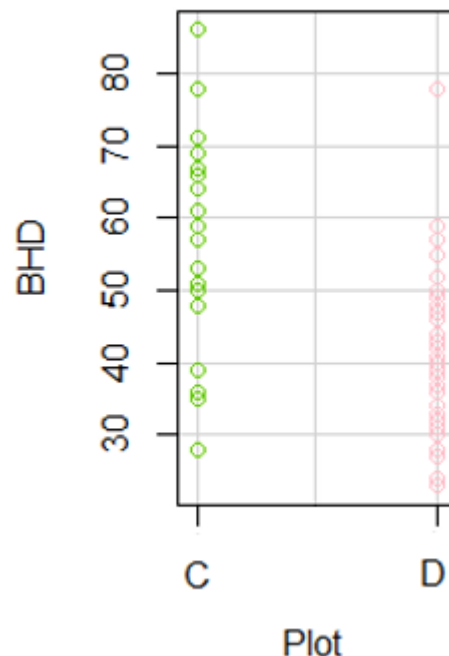


Abb. 10: Verteilung der BHD aller Bäume mit relevanten BMH in Plot C und D

4. Diskussion

4.1. Häufigkeiten von BMH im Vergleich

Die Ergebnisse der allgemeinen Häufigkeiten der BMH sind im Vergleich mit den in der Literatur vorhandenen Durchschnittswerten, relativ hoch. Brändli et al. (2021) eruierten einen Mittelwert von 0,9 BMH/Baum in Beständen welche, wie das Erhebungsgebiet, seit über 11 aus der Nutzung genommen worden waren. Auch in der Aufschlüsselung nach den Baumarten ergeben sich besonders bei der Buche erheblich höhere Werte. Die Daten dieser Pilotstudie zeigten im Durchschnitt 2,5 BMH/Baum für Buchen, wohingegen Brändli et al. (2021) einen Durchschnitt von nur 0,7 feststellten.

Über den Grund für die vergleichsweise hohen Werte lässt sich nur spekulieren. Wahrscheinlich ist es, dass diese Diskrepanz durch den geringen Umfang der Studie zustande kommt, wo nur ein Bestand im Hollergraben betrachtet wird und die Ergebnisse von Brändli et al. (2021) durch das räumliche wie auch zeitlich größere Ausmaß ihrer Studie eine geglättete Datenlage besitzen und etwaige Ausreißer weniger in das Gesamtgewicht fallen. Ebenso ergeben sich bei der Aufnahme von BMH durch verschiedene Personen aufgrund subjektiver Wahrnehmungen und Einschätzungen auch immer Unterschiede. In der Praxis sind daher wenn möglich meist zwei Personen an der Aufnahme beteiligt, um die Schwankungen zu verringern. Des Weiteren ist zu beachten, dass die AutorInnen der Studie auch andere Kriterien für Ihre aufnahmen verwendet haben. Zum einen lag die Kluppschwelle bei 12 cm im Vergleich zu der in dieser Studie festgelegten 20cm. Da BMH mit einem höheren BHD und damit einhergehendem höheren Alter tendenziell häufiger auftreten (Brändli et al., 2021), könnte dies ein Faktor für die vergleichsweise höheren Werte der hier durchgeführten Studie sein. Ebenso erhoben Brändli et al. (2021) nicht alle BMH der Typologisierung nach Larrieu et al. (2018). Etwa Wasserreißer wurden nicht erhoben. Da diese durchaus oft in der eigenen Studie gefunden wurden, kann auch durch diesen Umstand die Diskrepanz erklärt werden.

Es gibt keine Vergleichsdaten einer Studie für die Gesamtanzahl aller BMH pro Baum an lebenden und toten Bäumen. In den selbst erhobenen Daten fanden sich dreimal so viele BMH an toten wie an lebenden Bäumen, was mit dem allgemeinen wissenschaftlichen Konsens übereinstimmt, dass Bäume vor allem im toten Zustand eine Fülle an Mikrohabitaten entwickeln und eine wichtige ökologische Rolle spielen (Brenner, 2014).

Stammfußhöhlen waren mit Abstand die häufigsten Mikrohabitate der vorliegenden Studie, über die Hälfte der Bäume besaßen eine solche Höhle. Für Fledermäuse sind diese, vor allem im Vergleich zu anderen Höhlen, allerdings nur bedingt wertvoll. Fledermäuse bevorzugen generell Höhlen in größeren Höhen für ihre Quartiere, da diese einen besseren Schutz vor terrestrischen Beutegreifern bieten (Crampton und Barclay, 1998). Für einzelne Fledermausarten fanden sich dennoch Nachweise der Verwendung als Habitat (Dietz und Krannich, 2019). Im tropischen Tiefland stellen Stammfußhöhlen jedoch mit ihren halbdunklen Lichtverhältnissen ideale Habitate für tropische Fledermäuse dar (Simmons und Voss, S.11) In tropischen Wäldern ist vermutlich der Druck durch terrestrische Beutegreifer insofern nicht so hoch, da die Stammfußhöhlen durch die generell hohen und stützenden Wurzeln allgemein bis zu wenigen Metern über dem Boden liegen.

Obwohl Stammfußhöhlen für die primär betrachtete Tierart in dem untersuchten Waldtyp nur vereinzelt relevant sind, stellen sie doch ein Habitat für andere waldbewohnenden Lebewesen dar. Piraccini et al. (2017) und Basil et al. (2017) unternahmen in temperaten Wäldern

Untersuchungen zur Habitatnutzung von Salamandern. Beide erkannten, dass Stammfußhöhlen bei der Auswahl eines Habitats für die Tiere eine signifikante Rolle spielen. Das Mikrohabitat bietet auch verschiedensten terrestrischen kleinen und mittelgroßen Säugetieren Unterschlupf, wie etwa Waldmäusen oder Wildkatzen (Bütler et al., 2013.) Daran lässt sich festmachen, dass Stammfußhöhlen Fledermäusen im untersuchten Gebiet keinen bedeutenden Vorteil bringen, aber dennoch zur strukturellen Vielfalt in Wäldern beitragen und verschiedensten Bewohnern ein Habitat oder einen Rückzugsort bieten.

Die Mikrohabitate Asthöhle und Starkastbruch mit freiliegendem Kernholz waren die je zweit und viert häufigste BMH. Asthöhlen tragen als geeignetes Habitat für Fledermausquartiere jedenfalls deutlich zu der Qualität des Lebensraumes für die Tiere bei. Im Vergleich zu Stammfußhöhlen, liegen sie meist in tendenziell höheren Abschnitten der Bäume und bieten größeren Schutz vor terrestrischen Beutegreifern, bessere Lichtverhältnisse und leichtere Startpunkte für Ausflüge (Russo et al. 2004). Dasselbe kann auch für Starkastbrüche mit freiliegendem Kernholz gesagt werden, denn diese bieten eine ideale Basis für die Entwicklung einer Asthöhle (in Kapitel 3.2.2. näher erläutert).

4.2. Vergleich unterschiedlicher Flächengrößen

Für die Interpretation der zwei eingesetzten Methoden wurden zuerst einige Annahmen über die untersuchten Plots getroffen. Die Standortfaktoren der unterschiedlichen Erhebungsgebiete waren im Allgemeinen sehr ähnlich. Alle vier befanden sich in der gleichen, relativ kleinen Kernzone (14ha). Dadurch sind sie seit der gleichen Zeit aus der Nutzung genommen, befinden sich in der gleichen Waldgesellschaft und es kann angenommen werden, dass Faktoren wie Niederschlag, Luftemissionen, Temperatur etc. nicht stark variieren. Demnach kann angenommen werden, dass die Dichte der BMH eine gewisse Konsistenz aufweisen würde.

Die starke Varianz in den Erhebungen der kleineren Quadrate wurde daher als höhere Fehleranfälligkeit (durch Ausreißer) dieser Methode gedeutet. Besonders auffällig wird dies auch bei einer näheren Betrachtung der einzelnen Plots. Die Auswertungen von Plot B zeigen einen vergleichsweise hohen Mittelwert sowie eine sehr hohe Schätzung der BMH Anzahl pro ha. Bei der Erhebung dieses Plots war ein besonders markantes Merkmal, dass sich nahe dem gesetzten Mittelpunkt zwei große, tote und BMH reiche Bäume befanden. Diese zwei einzelnen Bäume erhöhten vor allem die Hochrechnungen auf Basis der kleinen Erhebungsfläche überproportional stark. Bei einer größeren Erhebungsfläche können solche Spezialfälle besser geglättet werden. Eine Schlussfolgerung kann gezogen werden, dass kleinere Flächen leichter durch Ausreißer verzerrte Ergebnisse liefern können. Wie diese Ausreißer nun bewertet werden, ob genau diese starken Unterschiede eventuell zur Beantwortung der gestellten Fragestellung führen können hängt dabei von dem Vorhaben ab. Es kann hier keine tatsächlich allgemeingültige Empfehlung ausgesprochen werden, vielmehr soll es zu einer Überlegung beitragen, dass vor allem in dem Bereich des Monitorings eine Erhebungsfläche von 40x40 m durch die stabilere Aussagekraft von Vorteil sein könnte. Dies wird auch durch das Heranziehen der Literatur von Brändli et al. (2021) errechneten einen Durchschnitt von 370 BMH/ha bekräftigt. Die Mittelwerte beider Methoden liegen deutlich über diesem. Trotzdem nähern sich die Ergebnisse der größeren Erhebungsflächen mit 465,75 BMH/ha dem Durchschnitt deutlich näher an als jene der alternativen Methode mit 650 BMH/ha. Aufgrund der ähnlichen Gegebenheiten in dem von den AutorInnen untersuchten

Gebiet, kann eine bessere Übereinstimmung mit diesen Werten als Zeichen für ein eher zuverlässiges Abbild der wirklichen Zustände angenommen werden.

Allerdings können auftretende Verzerrungen bei kleinen Erhebungsflächen auch durch eine größere Anzahl an ausgewiesenen Plots kompensiert werden. Durch ein solches Vorgehen könnte auch die Diversität des Untersuchungsgebietes besser aufgenommen werden. Die Frage ob viele kleine oder weniger große Plots sinnvoll sind hängt also stark von dem forschungsvorhaben ab. Wenn sich für größere Plots entschieden wird, sollten diese vermutlich eine Größe von mindestens 40 x 40 Metern aufweisen.

Es muss jedenfalls noch erwähnt werden, dass der Umfang der Pilotstudie mit nur zwei Plots sehr gering war. Daher muss bei der Betrachtung der Ergebnisse immer im Auge behalten werden, dass die Interpretationen stark durch die eventuelle Besonderheit der ausgewählten Plots beeinflusst sein könnte. Wäre es möglich gewesen eine breitere Anzahl an Plots zu untersuchen, hätte sich auch herausstellen können, dass kleinere Erhebungsquadrate die Diversität eines Gebietes besser erfassen können als größere Aufnahmeflächen. Aus diesem Grund muss, auch wenn auf Basis der Auswertung der erhobenen Daten eine Empfehlung für eine Methodik ausgesprochen wird, immer die eher geringe Aussagekraft der Ergebnisse im Kopf behalten werden.

4.3. Zusammenhänge zwischen Fledermäusen und struktureller Vielfalt

Aus der Aufarbeitung der Literatur kann die Frage nach der Verbindung zwischen BMH und Fledermäusen klar beantwortet werden. Waldfledermäuse brauchen verschiedene Mikrohabitate an Bäumen, um ihre sozialen und ökologischen Bedürfnisse zu befriedigen. Sie benötigen Quartiere, um ihre Tagruhe geschützt vor etwaigen Störern zu halten, ihre Nachkommen in thermoregulierten Umgebungen groß zu ziehen und um in gemütlicher Umgebung innerhalb der Gemeinschaften sozial interagieren zu können. Durch den häufigen Wechsel der Quartiere benötigen Fledermauspopulationen eine groß genug aufgestellte Auswahl an verschiedenen geeigneten Habitaten. Die Ausweisung und Erhaltung wichtiger BMH und Habitatbäume ist daher für das Fortbestehen von Fledermäusen in Wäldern essenziell (Kroll et al., 2012).

Fledermäuse wurden in dieser Arbeit neben anderen Gründen auch für ihre Repräsentativität für waldbewohnende Lebewesen allgemein und deren Ansprüche an Strukturmerkmale ausgewählt. Da viele Fledermausarten hoch oben im Nahrungsnetz stehen, sind sie gute Indikatoren für die Qualität eines Waldhabitats und dessen Nahrungsnetzes. Ihre Abhängigkeit von bestimmten BMH legt nahe, dass diese eine wichtige Rolle in der Nahrungsstruktur des Ökosystem Wald spielen (Regnery et al., 2013). Diese Sicht auf die Rolle von BMH in der Komplexität des Ökosystems ermöglicht es, die Funktionalität von BMH ins Licht zu rücken und dadurch von einer rein quantitativen Betrachtung (reine Volumenzählung etc.) wegzukommen und könnte einen spannenden Ansatz liefern, um Monitoring und Wald-Zustandsindikatoren durch qualitative Komponenten zu erweitern. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Funktion von BMH als integraler Bestandteil des Nahrungsnetzes natürlich auch nur ein Teil ihrer Rolle in der Förderung von Artengemeinschaften ist.

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Fledermäusen und BMH ist besonders die Rolle von Lebendbaum-Höhlen interessant. Diese sind durch ihre einmalige Temperaturregulierung für viele Fledermausarten vor allem für die Auswahl der Wochenstube sehr wichtig (Parsons et al., 2003). Bei einem Fokus auf die Strukturmerkmale von reinem Totholz, etwa im Monitoring, könnten solche ökologisch wertvollen Umstände in

den Hintergrund rücken. Dies zeigt, wie die Implementation des BMH Konzeptes eine Stärkung des Verständnisses der Verflechtungen von Struktur im Wald und seinen Bewohnern herbeiführen könnte.

Die Verbindungen zwischen Fledermäusen und spezifischen BMH spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Vergleiche zwischen Plots mit variierenden Fledermausarten Vorkommen und ihren BMH Dichten. Die positive Korrelation zwischen einer höheren BMH Dichte und einer erhöhten Artenanzahl, deckt sich mit den Ergebnissen ähnlicher Studien aus der Literaturrecherche. (Paillet et al., 2018; Regnery et al., 2013)

Ebenso stimmen die Ergebnisse des Vergleichs der BHD der beiden Plots mit den Funden der Literatur überein. Der Plot, welcher die höhere Artenanzahl aufweist, hatte auch tendenziell Bäume mit größeren BHD. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Literatur, dass größere und ältere Bäume für die Entwicklung von Fledermausquartieren besonders wertvoll sind (ebd.).

Aber auch wenn die zu erwartenden Ergebnisse eingetreten sind, müssen diese auf jeden Fall mit äußerster Vorsicht interpretiert werden. Zum einen sind die Datensätze sehr klein, es standen für nur zwei der vier untersuchten Plots Fledermausartenzahlen zur Verfügung. Ebenso besteht eine erhebliche zeitliche Diskrepanz von etwa 7 Jahren zwischen den Erhebungen der Fledermausarten und den BMH. Zuletzt soll noch darauf hingewiesen werden, dass für die Auswertung nur die Anzahl der verschiedenen Arten von Fledermäusen, nicht aber ihre Individuenzahl, zur Verfügung stand.

Daher kann die nachgewiesene Tendenz der Daten nur bedingt zur tatsächlichen Interpretation einer Verbindung zwischen BMH Dichte und Fledermausarten im BPWW verwendet werden. Für eine fundierte Aussage über diese theoretisierten Zusammenhänge müsste eine bedeutend größer angelegte Studie durchgeführt werden. Da die selbst durchgeführten Erhebungen nur als Pilotstudie konzipiert waren, sind diese Ergebnisse nicht überraschend und es war bereits zu Beginn mit der begrenzten Aussagekraft der Auswertungen zu rechnen.

Der Wert der Arbeit liegt daher zum Teil auch darin, ein Erhebungskonzept im kleinen Maßstab erprobt zu haben. Dieses könnte nun für die umfangreichere Erforschung des theoretisierten Zusammenhanges verwendet werden, indem der Maßstab der Studie, also vor allem die Anzahl und Diversität der untersuchten Plots, erhöht wird. Die Grundstruktur könnte aber jedenfalls beibehalten werden.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage: Wie gut eignen sich Baummikrohabitate als Indikatoren für die Waldbiodiversität und wie können sie in Naturschutzmonitoring Konzepte integriert werden? können zuerst die Ergebnisse aus der Literaturrecherche herangezogen werden. Diese ergaben, dass sich das BMH Konzept nur bedingt als Indikator für die allgemeine Waldbiodiversität verwenden lässt. Die Diskussion über dieses Thema deutet eher darauf hin, dass BMH als eine Ergänzung zu bereits bestehenden Biodiversitätsindikatoren genutzt werden können, um deren Aussagekraft zu erhöhen. Ebenso eignen sie sich als Indikatoren für einzelne spezialisierte Tierarten, vor allem etwaige Insekten welche nur in hochspeziellen Mikrohabitaten wie Dentrotelmen vorkommen (Basile et al. 2020).

Die Integration von BMH in bereits bestehende Monitoringkonzepte, kann wie an dem Beispiel des Biodiversitätsmonitorings des BPWW deutlich wird, in den meisten Fällen leicht vorgenommen werden. Den in den meisten Naturschutzgebieten werden im Rahmen von diversen Monitorings und Waldinventuren bereits Strukturmerkmale, welche sich teilweise auch mit dem BMH Konzept überschneiden können, erhoben. Daher ist die Integration eines BMH Monitorings meist nur ein Vorgang der Ausweitung und Umstrukturierung bereits bestehender Monitoring Bemühungen.

4.4. Ambivalenz des Waldes: Forstwirtschaft & Naturschutz

Die Ambivalenz, welche sich durch die verschiedenen Nutzungsansprüche des Waldes ergibt, kann am Beispiel der Fledermaus deutlich gemacht werden. Die in vorherigen Kapiteln angesprochen Problematik kurzer Umtriebszeiten (Kroll et al., 2012) und andere Praktiken des anthropologischen Umgangs mit dem Lebensraum Wald stehen oft im Kontrast zu einer Förderung der Waldbiodiversität.

Wie bereits in den vorigen Abschnitten dargestellt, ist die strukturelle Vielfalt in Wäldern ein wichtiger Teil der ökologischen Betrachtung der Ausbreitung von Fledermauspopulationen. Dabei kommt gewissen Baummerkmalen eine besonders wichtige Rolle zu. Neben den üblichen Beschreibungspunkten, von welchen etwa die Höhe in der Literatur als Entscheidungsmerkmal für Quartierbäume ausgearbeitet wurde (Russo et al., 2004), sind auch andere weniger oder gar nicht ausgearbeitete Ausprägungen wichtig. Etwa der Kronenbedeckungsgrad wird als solch in Studien vergessenes Merkmal von Tillon et al. (2016) erwähnt. Dabei fanden Russo et al. (2004), dass es ein wichtiges geometrisches Merkmal für die Auswahl von Bäumen durch Fledermäuse ist. Dies kann als Beispiel für die generelle Tendenz sich in der Forschung aber auch im Monitoring von Wäldern auf quantitative Merkmale zu beschränken, gesehen werden. Nur selten werden auch qualitative Ausprägungen berücksichtigt, wodurch wichtige Erkenntnisse wie die Bedeutung von Kronenbrüchen auf Fledermäuse übersehen werden können (Tillon et al., 2016).

Bei vielen Merkmalen sind eine genaue Untersuchung und Unterscheidung unabdingbar. Der Unterschied zwischen einem Starkastbruch mit oder ohne freiliegendem Kernholz, kann bei einer groben Gruppierung von Strukturmerkmalen oder bei fehlender qualitativer Tiefe leicht außer Acht gelassen werden. Dadurch wird ein wichtiges äußeres Merkmal für die Entstehung geeigneter Höhlen für Fledermäuse übersehen beziehungsweise geht die Bedeutung der Unterscheidung in einer Vermischung aller Astabbrüche unter. Dabei ist genau dieses am aussagekräftigsten dafür, ob die Astabbrüche den Baum tatsächlich als potenziellen Habitatbaum für Fledermäuse kennzeichnen, da nur durch einen Zugang zum Kernholz, Pilze dieses in lebenden Bäumen direkt befallen können und dadurch die Wahrscheinlichkeit der Höhlenbildung erhöht wird (Russo et al., 2004).

Ein weiterer wichtiger Punkt, den es zu betrachten gilt, ist der Begriff und die Konzeption von Holzqualität. In der Forstwirtschaft ist dies ein zentraler Begriff, der maßgeblich zum monetären Wert des Holzes beiträgt. Die in der Forstwirtschaft übliche Verwendung und positive Konnotation von gesunden oder besser gesagt unbeschädigten Bäumen als qualitativ hochwertig kann aber nicht in andere Bereiche der Waldnutzung und vor allem nicht in die Naturschutzforschung übertragen werden. Denn „Makel“ an Bäumen sind sehr oft genau jene strukturellen Ausformungen, welche für die Waldbiodiversität so wichtig sind. Tillon et al. (2016) fanden in ihrer Studie, dass speziell jene Bäume welche klassischerweise als qualitativ „schlecht“ eingestuft werden würden, für Fledermäuse besonders interessant waren. Sie stellten fest, dass Drehwuchs und niedrig gelegene Äste die Wahrscheinlichkeit des Baumes, als Quartier ausgewählt zu werden, signifikant erhöhten. Genau diese Qualitätsmerkmale verringern den monetären Wert der Bäume. Für den Naturschutz ist dies eine durchwegs gute Nachricht: dadurch können WaldbesitzerInnen deutlich leichter überzeugt werden solche „verformten“ Bäume auch bis ins hohe Alter stehen zu lassen. Besonders erfolgreich ist diese Überzeugung natürlich bei einer gleichzeitigen Förderung für die Habitatbäume, wodurch der Verlust der Verkaufseinbußen ausgeglichen werden kann (Niedermann-Meier et al., 2010).

Das Spannungsfeld zwischen klassischer Forstwirtschaft und Baummikrohabitaten, welche im Zusammenhang mit Fledermausvorkommen stehen, zeigt sich besonders deutlich in der Betrachtung von *Phellinus tremulae*: Parsons et al. (2003) diskutieren in ihrem Artikel den

kernholzangreifenden Pilz, welcher in Kanada als der ökonomisch schädlichste Pilz für die Forstwirtschaft benannt worden ist. Auch in Europa ist die Espe, eine ökologisch und vor allem ökonomisch wertvolle Baumart, vom Befall des Pilzes betroffen (Striganavičiūtė et al. 2021). Es ist daher nicht verwunderlich das *P. tremulae* von Personen, welche auf den Holzerlös angewiesen sind, als Schädling wahrgenommen wird. In der Bildung von geeigneten Baumhöhlen für Fledermauspopulationen ist er allerdings einer der wichtigsten Faktoren, welcher die Entstehung dieser Höhlen fördert. Dadurch wird er als durchwegs positiv wahrgenommen und seine Bekämpfung als keine Priorität eingestuft. Dieses konkrete Beispiel soll als eines von vielen dienen, um zu verdeutlichen, welche ambivalenten Gefühlslagen und über lange Zeiträume entstandenen Vorstellungen über das Ökosystem Wald bestehen. Während Fäulnis für die Einen eine Voraussetzung zum Überleben ist (Crampton und Barclay, 1998), gefährdet es die Lebensgrundlage der anderen.

Daher ist es unabdinglich, dass Energie und Ressourcen in die Öffentlichkeitsarbeit und Aufklärungsarbeit fließen, damit die Entstehung von BMH als ein natürlicher Prozess in allen Wäldern wahrgenommen wird und im Zusammenhang mit einschlägigen Förderungskonzepten oder anderen Anregungen als ein selbstverständlicher Teil von Wäldern, besonders auch von Wirtschaftswäldern, integriert wird.

5. Conclusio

Die Ausarbeitung des Potentials von BMH als Biodiversitätsindikatoren ergab, dass die Diskussion noch nicht abgeschlossen ist und unterschiedliche, teils entgegengesetzte Meinungen bestehen. Trotzdem kann gesagt werden, dass sich derzeit eher ein Konsens in der mäßigen Eignung von BMH als Biodiversitätsindikatoren findet. Sie funktionieren wohl besser als punktuelle Beschreibung einzelner Arten oder als ergänzende Beschreibung von struktureller und ökologischer Vielfalt.

Daraus ergibt sich auch die Beantwortung der Frage nach dem Potential des Konzeptes für das Biodiversitätsmonitoring in Naturschutzgebieten.

Auch wenn sich BMH nicht wirklich als allgemeine Biodiversitätsindikatoren verwenden lassen, können sie einen wertvollen Beitrag zum Biodiversitätsmonitoring leisten, indem sie als zusätzlicher beschreibender Faktor von Biodiversität in Wäldern verwendet werden. Darüber hinaus eignen sich BMH auch für die punktuelle Beschreibung von einzelnen Arten mit Rückgriff auf Studien, welche den Zusammenhang zwischen spezifischen BMH und Arten festgestellt haben.

Wie beschrieben kann die Einführung des BMH Konzeptes zu einer detailreicheren Erhebung von Strukturmerkmalen führen und einen wertvollen Beitrag, vor allem für die Erfassung der strukturellen Vielfalt im Biodiversität Monitoring, leisten. Das neu gewonnene Wissen der detaillierteren Aufnahmen über die strukturelle Zusammensetzung der Naturschutzgebiete könnte zu neuen Erkenntnissen über prozessuale Veränderungen sowie einem besseren Verständnis der ökologischen Komposition eines Lebensraumes führen. Aus den neuen Daten könnten sich durch explorative Auswertungen diverse neue Ansätze ergeben, welche ökologischen Bedürfnisse verschiedenster waldbewohnender Lebewesen durch spezifische Komponenten der strukturellen Diversität abgedeckt werden und dadurch Rückschlüsse geben, auf welche in der Ausweisung und dem Umgang mit Naturschutzgebieten besonders Acht gegeben werden sollte.

Die Integration des BMH Konzeptes in das bereits bestehende Biodiversität Monitoring des BPWW hat ebenfalls großes Potential. In dem Monitoring wird unter anderem Totholz aufgenommen und in dieser Überkategorie werden neben den strukturellen Merkmalen, welche durch Totholz gegeben sind, auch Strukturen an lebenden Bäumen festgehalten. Diese werden in Klassen aufgenommen, welche sich teilweise mit der BMH Typologisierung von Larrieu et al. (2018) decken. Dabei werden manche Merkmale in größerem Detail erfasst (etwa mögliche Ursache für Risse und Kronenbrüche) und manche Gruppen fehlen als Ganzes (epiphytische, epixylische und parasitische Strukturen sowie Ausflüsse).

Eine Klassifizierung der strukturellen Merkmale nach dem Konzept der BMH und im Speziellen nach der Hierarchisierung von Larrieu et al. (2018) könnte mehrere Vorteile mit sich bringen. Zum einen bietet die Einteilung in hierarchisch geordnete Formen, Gruppen und einzelne Typen eine bessere Übersicht über strukturelle Verteilungen. Ebenso kann dadurch das Konzept flexibel eingesetzt werden und Daten auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlichen Detail-Ausprägungen zusammengefasst und ausgewertet werden. Des Weiteren können dadurch Daten und Studien leichter mit anderen internationalen Forschungen verglichen werden.

Das Konzept BMH ist auch besonders wertvoll, da es durch die hierarchische Konzeption nicht nur bei der Auswertung und dem Umgang der Daten behilflich sein kann, sondern vielmehr bei der Aufarbeitung und dem öffentlichen Umgang mit den Ergebnissen. Es bietet dabei eine gute Möglichkeit strukturelle Vielfalt übersichtlich zu präsentieren und durch die Gliederung in Gruppen eine leicht erkennbare Ordnung zu schaffen. Dies kann bei der

Präsentation der Ergebnisse in der wissenschaftlichen Gemeinschaft vorteilhaft sein. Noch viel mehr allerdings ergibt sich darin eine Möglichkeit diesen Vorteil in der Aufbereitung der Daten für die Öffentlichkeit zu nutzen.

Die Konzeption von BMH bietet das Potential die Verbindung zwischen waldbewohnenden Lebewesen und eben jenen Mikrohabitaten verbessert zu visualisieren und damit auch ein erweitertes Verständnis für die Dependenz/Abhängigkeit verschiedener Artengemeinschaften von bestimmten Strukturmerkmalen zu schaffen. Damit könnte ein wichtiger Teil zur Gesellschaftsbildung beigetragen werden, um den Wert von Strukturen im Wald in und auch abseits von Totholz besser zu etablieren. Die Konzeption von BMH bietet ein Instrument, um strukturelle Vielfalt zu visualisieren und die Bedeutung dieser zu betonen, etwa durch die Vermittlung von Ergebnissen von Monitoring in außerwissenschaftlichen Gebieten. Besonders ein durch Tourismus, Umweltbildungsmaßnahmen und seiner Lage nahe einer Millionenstadt eng mit der Öffentlichkeit verbundenes Naturschutzgebiet wie der Biosphärenpark Wiener Wald könnte davon durchaus profitieren.

Literaturverzeichnis

- Brändli, U. B., Abegg, M., Düggelin, C., Traub, B., 2021. Baummikrohabitate im Schweizer Wald und im Buchenurwald Uholka-Schyrokyj Luh. Schweiz. Z. Forstwes. 172, 286–299. <https://doi.org/10.3188/szf.2021.0286>.
- Brenner, H., 2014. Totholz in Kernzonen und bewirtschafteten Wäldern des Biosphärenparks Wienerwald. Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum, 24, 137-156.
- Bütler, R., Lachat, T., Larrieu, L., Paillet, Y., 2013. Habitatbäume: Schlüsselkomponenten der Waldbiodiversität. In: Kraus D., Krumm F., Integrative Ansätze als Chance für die Erhaltung der Artenvielfalt in Wäldern. European Forest Institute. 86-94.
- Choe, J.C., Timm, R.M., 1985. Roosting site selection by *Artibeus watsoni* (Chiroptera: Phyllostomidae) on *Anthurium ravenii* (Araceae) in Costa Rica. Journal of tropical ecology. 1, 241–247. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000316>.
- Crampton, L.H., Barclay, R.M.R., 1998. Selection of Roosting and Foraging Habitat by Bats in Different-Aged Aspen Mixedwood Stands. Conservation Biology. 12, 1347–1358. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.97209.x>.
- Dietz, M., Krannich, A., 2019. Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* – Eine Leitart für den Waldnaturschutz. Handbuch für die Praxis. Hrsg: Naturpark Rhein-Taunus.
- Drozdowski, I., Staudinger, M., Brenner, H., Mrkvicka, A., 2014. Beweissicherung und Biodiversitätsmonitoring in den Kernzonen des Biosphärenparks Wienerwald – Einführung und Methodik. Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum, 24, 89-136.
- Kalcounis, M.C., Hecker, K.R., 1996. Intraspecific variation in roost-site selection by little brown bats (*Myotis lucifugus*), In: Barclay, R.M.R., Brigham, R.M., Bats and Forest Symposium. Working Paper. Ministry of Forests. British Columbia. 81–90.
- Kozák, D., Mikoláš, M., Svitok, M., Bače, R., Paillet, Y., Larrieu, L., Nagel, T.A., Begovič, K., Čada, V., Diku, A. und Frankovič, M. 2018. Profile of tree-related microhabitats in European primary beech-dominated forests. Forest Ecology and Management, 429, 363-374.
- Kroll, A.J., Lacki, M.J., Arnett, E.B., 2012. Research Needs to Support Management and Conservation of Cavity-Dependent Birds and Bats on Forested Landscapes in the Pacific Northwest. Western Journal of Applied Forestry. 27, 128–136. <https://doi.org/10.5849/wjaf.10-021>.
- Kunz, T.H., Fenton, M.B., 2005. Bat Ecology. University of Chicago Press.
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A.K., Regnery, B. und Vandekerckhove, K., 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. Ecological Indicators, 84, 194-207.
- Martin, M., Fenton, N.J. und Morin, H., 2021. Tree-related microhabitats and deadwood dynamics form a diverse and constantly changing mosaic of habitats in boreal old-growth forests. Ecological Indicators, 128, 107813.
- Michel, A.K. und Winter, S., 2009. Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest, USA. Forest Ecology and Management, 257(6), 1453-1464.
- Müller, J., Jarzabek-Müller, A., Bussler, H. und Gossner, M.M., 2013. Hollow beech trees identified as keystone structures for saproxylic beetles by analyses of functional and phylogenetic diversity. Animal Conservation, 17(2), 154-162.

- Niedermann-Meier, S., Mordini, M., Bütler, R., Rotach, P., 2010. Habitatbäume im Wirtschaftswald: ökologisches Potenzial und finanzielle Folgen für den Betrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 161(10), 391–400. <https://doi.org/10.3188/szf.2010.0391>.
- Paillet, Y., Archaux, F., Du Puy, S., Bouget, C., Boulanger, V., Debaive, N., Gilg, O., Gosselin, F. und Guilbert, E., 2018. The indicator side of tree microhabitats: a multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology*, 55, 2147-2159.
- Parsons, S., Lewis, K.J., Psyllakis, J.M., 2003. Relationships between roosting habitat of bats and decay of aspen in the sub-boreal forests of British Columbia. *Forest Ecology and Management*. 177, 559–570. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00448-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00448-6).
- Regnery, B., Couvet, D., Kubarek, L., Julien, J.F. und Kerbirou, C., 2013. Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators*, 34, 221-230.
- Reiter, G., Plank, M., Hüttmeir, U., 2014. Fledermäuse in den Kernzonen und Wirtschaftswäldern des Biosphärenparks Wienerwald. *Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum*, 24, 503-522.
- Russo, D., Cistrone, L., Jones, G., Mazzoleni, S., 2004. Roost selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*, Chiroptera: Vespertilionidae) in beech woodlands of central Italy: consequences for conservation. *Biological Conservation*. 117, 73–81.
- Russo, D., Jones, G., 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*. 26, 197–209. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2003.03422.x>.
- Santopuoli, G., Di Febbraro, M., Maesano, M., Balsi, M., Marchetti, M., Lasserre, B., 2020. Machine Learning Algorithms to Predict Tree-Related Microhabitats using Airborne Laser Scanning. *Remote Sensing*. 12, 2142. <https://doi.org/10.3390/rs12132142>.
- Sedgley, J.A., 2006. Roost site selection by lesser short-tailed bats (*Mystacina tuberculata*) in mixed podocarp-hardwood forest, Whenua Hou/Codfish Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 33(2), 97-111, DOI: 10.1080/03014223.2006.9518434.
- Simmons, N.B., Voss, R.S., 1998. The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the AMNH*, 237.
- Staudinger, M., Willner, W., 2014. Die Waldgesellschaften in den Kernzonen des Biosphärenparks Wienerwald. *Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum*, 24, 269-296.
- Striganavičiūtė, G., Žiauka, J., Sirgedaitė-Šėžienė, V. und Vaitiekūnaitė, D., 2021. Impact of Plant-Associated Bacteria on the In Vitro Growth and Pathogenic Resistance against *Phellinus tremulae* of Different Aspen (*Populus*) Genotypes. *Microorganisms*, 9(9), 1901.
- Strnadl, Susanne 2021: Was in abgestorbenen Bäumen krecht und fleucht. *Der Standard*, 21.10.2021, <https://www.derstandard.at/story/2000130565443/was-in-abgestorbenen-baeumen-krecht-und-fleucht> [zuletzt aufgerufen: 12.12.2021].
- Thomas, D.W., 1988. The Distribution of Bats in Different Ages of Douglas-Fir Forests. *The Journal of Wildlife Management*. 52, 619–626. <https://doi.org/10.2307/3800920>.
- Tillon, L., Bresso, K., Aulagnier, S., 2016. Tree selection by roosting bats in a European temperate lowland sub-Atlantic forest. *Mammalia*. 80, 271–279. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2014-0095>.
- Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F. und Gosselin, F., 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation*, 144(1), 441-450.

Anhang A: Codierung von Baummikrohabitaten (für Erhebungen)

Bäume																			
Koordinaten																			
Baumart																			
BHD																			
1.1.1 Kleine Bruthöhle(<4cm)																			
1.1.2 Mittelgrosse Bruthöhle(4-7 cm)																			
1.1.3 grosse Bruthöhle(>10cm)																			
1.1.4 Spechtflöte																			
1.2.1 Mulmhöhle mit Bodenkontakt																			
1.2.2 Mulmhöhle ohne Bodenkontakt																			
1.2.3 halboffene Mulmhöhle																			
1.2.4 Kaminartiger, hohler Stamm mit Bodenkontakt																			
1.2.5 Kaminartiger, hohler Stamm ohne Bodenkontakt																			
1.2.6 Asthöhle																			
1.3.1 Insektengänge und Bohrlöcher																			
1.4.1 Dendrotelm																			
1.4.2 Frasslöcher von Spechten																			
1.4.3 Rindenbedeckte Einbuchtung am Stamm																			
1.4.4 Stammschuhhöhle																			
2.1.1 Holz ohne Rinde																			
2.1.2 Brandnarbe																			
2.1.3 Rindentasche (unten offen)																			

2.1.4Rindentasche (oben offen)																			
2.2.1Stammbruch																			
2.2.2Starkastbruch mit freiliegendem Kernholz																			
2.2.3Riss, Spalte																			
2.2.4Blitzrinne																			
2.2.5Riss bei Zwiesel																			
3.1.1Tote Äste																			
3.1.2abgestorbene Kronenspitze																			
3.1.3Abgebrochener Starkast																			
4.1.1Hexenbesen																			
4.1.2Wasserreiser																			
4.2.1Masserknollen																			
4.2.2Krebs(mit Faulholz)																			
5.1.1Mehrjährige Porlinge																			
5.1.2Einjährige Porlinge																			
5.1.3Ständerpilze																			
5.1.4Grosse Ascomyceten																			
5.1.5Myxomyceten(Schleimpilze)																			
6.1.1Mosse oder Lebermoose																			
6.1.2Blatt- oder Strauchflechten																			
6.1.3Efeu oder Lianen																			
6.1.4Farne																			
6.1.5Misteln																			
6.2.1Nester von Wirbeltieren																			
6.2.2Nester von Wirbellosen																			
6.3.1Mikroboden(Rinde)																			
6.3.2Mikroboden(Krone)																			
7.1.1Aktiver Saftfluss																			
7.1.2Aktiver Harzfluss																			