Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz	Heft 22 (2024)	S. 53–65	5 Fig. 2 Tab. + Anh.	urn:nbn:de:0041-afsv-02229

Scopus Indexed Journal

Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz – *Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation*

www.afsv.de/index.php/waldoekologie-landschaftsforschung-und-naturschutz

Baummikrohabitate und Vogelfauna an Altbäumen im Hutewald „Ivenacker Eichen“ (Mecklenburg-Vorpommern, Nordostdeutschland)

Tree-related microhabitats and bird fauna at veteran trees in the pastoral forest „Ivenacker Eichen“ (Mecklenburg-Western Pomerania, Northeastern Germany)

Robert S. Sommer, Johannes Schneider & Pascal Ertzinger

Abstract

Tree-related microhabitats (TRM) are of high importance for strictly forest bound animal species. Birds as indicators for ecological forest conditions strongly depend on TRMs. In the well-known ancient pastoral forest “Ivenacker Eichen” within the Young Moraine landscape of Mecklenburg-Western Pomerania (northeastern Germany), fifteen veteran trees with high diameter at breast height (DBH) and of advanced age were investigated regarding abundance of TRMs after Bütler *et al. (2020b).*

Species number and number of bird individuals were recorded five times per tree by 15 min visits during sunrise. Five ancient oaks (Quercus robur) *with DBH of 215–365 cm had a mean number of 75.8 TRMs. For one single oak with an age of about 1,000 years with DBH of 365 cm about 157 TRMs were counted. Five further veteran oaks* (Q. robur) *with DBH of 125–155 cm had a mean number of 40.6 TRMs and five veteran beech trees* (Fagus sylvatica) *with DBH of 115–145 cm had a mean number of 28 TRMs. The diversity of TRMs (number of different TRM types per tree) revealed similar values for oaks (11.6) and beeches (11.4), with a higher value for the ancient oaks (17.2). Regarding bird abundance and diversity, there were no differences between tree groups. Altogether, 27 bird species were recorded at the fifteen trees and the five most frequently observed birds were blue tit, coal tit, chaffinch, starling and spotted flycatcher. Because of the remarkable DBH of the investigated trees, the high number of TRMs per tree as well as the difference in methodology in contrast to earlier studies, the reported results from veteran trees in the “Ivenacker Eichen” are considered unique and hardly comparable with earlier results.*

Keywords: *ancient pastoral forest, veteran tree, ancient giant oaks, tree-related microhabtats, diameter at breast height, bird diversity*

Zusammenfassung

Baummikrohabitate (BMH) sind für die Förderung von streng waldgebundenen Tierarten von fundamentaler Bedeutung. Insbesondere Vögel sind als Indikatoren für den Zustand von Waldökosystemen von Baummikrohabitaten abhängig. In der Jungmoränenlandschaft Mecklenburg-Vorpommerns (Norddeutschland) wurden im überregional bekannten Hutewald „Ivenacker Eichen“ 15 Altbäume mit besonders hohem Brusthöhendurchmesser (BHD) und hohem Alter auf die Abundanz von Mikrohabitaten nach dem Schlüssel von Bütler et al. (2020b) untersucht. Die Arten- und Individuenzahl der Vögel an diesen Bäumen wurde durch fünfmalige Beobachtung von je 15 min pro Altbaum erfasst. Fünf außergewöhnlich alte Huteeichen (*Quercus robur*) mit einem BHD von 215–365 cm hatten im Durchschnitt mit 75,8 die meisten BMHs, wobei eine fast 1.000-jährige Eiche mit einem BHD von 365 cm über 157 BMH verfügte. Fünf weitere Alteichen (*Q. robur*) mit BHD von 125–155 hatten durchschnittlich 40,6 BMH und fünf Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) mit BHD 115–145 hatten durchschnittlich 28 BMHs. In der Diversität (Anzahl der unterschiedlichen BMH-Typen) unterschieden sich die Denkmaleichen mit durchschnittlich 28 BMHs etwas von den Buchen (11,6) und Eichen (11,4). Bei der Häufigkeit und Diversität der Vögel gab es keine auffälligen Differenzierungen zwischen den Baumkohorten. An allen 15 Altbäumen zusammen wurden insgesamt 27 Vogelarten beobachtet und die fünf häufigsten Arten waren Blaumeise, Kohlmeise, Buchfink, Star, sowie Grauschnäpper. Aufgrund des besonders großen BHD der untersuchten Altbäume, der bemerkenswert hohen Anzahl an BMHs und der unterschiedlichen Methodik beim Erfassen von BMH sind die Ergebnisse aus den Ivenacker Eichen einmalig und kaum mit bisherigen Daten vergleichbar.

Schlüsselwörter: Baummikrohabitate, Brusthöhendurchmesser, Huteeiche, Altbäume, Hutewald, Vögel, Artenvielfalt

1 Einleitung

Baummikrohabitate sind für tausende, auf das Vorkommen an Bäumen spezialisierten Organismen unentbehrlich (Bütler et al. 2020a). Altbäume bzw. „Baumveteranen" mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von über 80 cm („overmature trees") haben oft zahlreiche BMHs, sowie verschiedene BMH-Typen und stellen daher besonders effektive Strukturen zur Förderung der Biodiversität in Waldökosystemen dar (Kozák et al. 2023, Winter & Möller 2008, Zudin et al. 2022). Die Anzahl der BMHs an einem Baum hängt nach aktuellem Kenntnisstand vor allem vom Alter des Baumes, dem Brusthöhendurchmesser, der Baumart, den Wachstumsbedingungen und der Waldbewirtschaftungsform ab (Courbaud et al. 2017 und 2022, Larrieu et al. 2021), wobei dem Brusthöhendurchmesser, als am besten messbares Attribut, aktuell im Waldnaturschutz die höchste Bedeutung beigemessen wird (Kozák et al. 2023, Larrieu & Cabanettes 2012, Asbeck 2019). Besonders an sehr großen Bäumen mit auffällig hohem BHD werden die meisten BMH beobachtet (Courbaud et al. 2017). Die Entwicklung von BMHs kann sich an einem Baum über etliche Jahrhunderte hinziehen (Kozák et al. 2023). Die Zunahme von Mikrohabitaten über die Zeit kann jedoch differenzierte Ursachen haben: während z. B. Dendrotelme (wassergefüllte Baumhöhlungen) häufig noch im jüngeren Alter der Bäume u. a. durch Beschädigung während der Holzernte verursacht werden, treten Baumhöhlen durchschnittlich eher mit höheren BHD auf (Larrieu et al. 2017, Courbaud et al. 2022). Für die Förderung von waldgebundenen Arten ist die Zahl von Einzelbäumen mit BMH sowie das Vorkommen von BMH in der Gesamtfläche, und damit die Form der Waldnutzung, entscheidend. Winter & Möller (2008) wiesen nach, dass in über hundert Jahre unbeeinflussten Buchenwäldern mit etwa 250 BMHs pro ha etwa das dreifache an BMH vorkam als in genutzten Buchenwäldern. Courbaud et al. (2017) berechneten, dass etwa 100 Jahre nötig sind, damit in einem genutzten Bergmischwald in Frankreich eine Diversität an Mikrohabitaten entsteht, die mit einem natürlichen Bergmischwald vergleichbar ist. Damit übereinstimmend geben Flade et al. (2007) aufgrund umfangreicher Untersuchungen in Tiefland-Buchenwäldern an, dass eine Zeit von 100 Jahren ohne Eingriffe notwendig ist, um die Arten- und Strukturvielfalt signifikant zu erhöhen.

Vögel spielen als Bioindikatoren in Wäldern eine zentrale Rolle (Pakkala et al. 2014, Drever et al. 2008, Moning & Müller 2008, Schumacher 2006, Müller 2004). Studien über die Funktionsbeziehungen von Vogeldiversität und Strukturvielfalt in Eichenwäldern (s. Müller 2005) sind selten und fehlen für Hutewälder gänzlich. Parmain & Bouget (2017) stellen fest, dass die Diversität und Zahl von BMH von freistehenden Eichen außerhalb von Wäldern signifikant höher war als von Individuen in Eichenwäldern, was sich auch im höheren Artenreichtum und der Zahl seltener Arten bei xylobionten Käfern bei Eichen außerhalb von Wäldern widerspiegelte. In Eichenwäldern der temperaten Klimazone Europas hat die Kronenoffenheit (sog. „canopy openness") entscheidende positive Effekte für die Artenvielfalt und Häufigkeit von holzgebundenen Käferarten (Percel et al. 2018).

Auch in den Bayrischen Bergmischwäldern führte eine erhöhte Kronenoffenheit und die damit im Zusammenhang stehende zunehmende mikroklimatische Heterogenität zu einem Anstieg der Artenvielfalt bei xylobionten Käferarten (Lettermaier et al. 2022). Weiterhin wird zunehmend vorgeschlagen, aufgrund der höheren Artenvielfalt von holzgebundenen Käferarten oder Tagfaltern in lichten Waldbereichen gezielt „canopy gaps" für die Biodiversitätsförderung zu schaffen bzw. diese z. B. durch die Etablierung von historischen Waldnutzungsmethoden (z. B. „Mittelwaldwirtschaft") zu fördern (Georgi et al. 2024, Mölder et al. 2022, Lettermaier et al. 2022, Fartmann et al. 2013). Wie durch Untersuchungen in Südschweden belegt ist, führt eine zunehmende Kronenoffenheit um die Alteichen herum zu einer höheren Artenvielfalt bei xylobionten Käfern (Koch Widerberg et al. 2012).

Eine hohe Kronenoffenheit in Eichenwäldern ist nicht nur eine Triebkraft für hohe Biodiversität bei Käfern, sondern fördert die Langlebigkeit und Vitalität von Baumveteranen (Miklín et al. 2018). Ein hoher Kronenschluss erhöht die Mortalität der Altbäume in Eichenwäldern deutlich, und vitale sehr alte Baumveteranen sind ein Relikt aus der Vergangenheit, wo in historischer Zeit in ihrer direkten Umgebung ein relativ offenerer Kronenschluss vorherrschte (Miklín et al. 2018). Eine hohe Kronenoffenheit, wie sie in Hutewäldern vorhanden ist, müsste demnach die Vitalität der Altbäume über Jahrhunderte gefördert haben. Durch das bemerkenswert hohe Alter etlicher Bäume in erhaltenen Hutewäldern, in denen über viele Jahrhunderte die Kronenoffenheit durch den Menschen gefördert wurde, könnte demzufolge auch eine besonders hohe Diversität und Abundanz von BMH vorhanden sein. Es ist außerdem nachgewiesen, dass die Diversität von Mikrohabitaten in direkter Beziehung zum Artenreichtum und Häufigkeit von Vögeln steht und BMH als Indikator für Vögel dienen könnten (Paillet et al. 2018). Demzufolge wäre anzunehmen, dass an Bäumen eines Hutewaldes, die sich in der Zahl von Mikrohabitaten unterscheiden, auch Unterschiede in der Artenzahl der Vögel auftreten, welche die Bäume zur Brut- oder Nahrungsaufnahme nutzen.

Um Erkenntnisse über die Vielfalt an Mikrohabitaten an sehr alten Bäumen in einem Hutewald zu bekommen, wurde im deutschlandweit bekannten Hutewald „Ivenacker Eichen" (Mecklenburg-Vorpommern, Landkreis Mecklenburgische Seenplatte) die Zahl und Formenvielfalt der BMHs von 15 Altbäumen unterschiedlicher Baumarten mit vergleichsweise sehr hohem Brusthöhendurchmesser ermittelt und mit der Nutzung dieser Bäume durch Vögel verglichen.

2 Untersuchungsgebiet und Methodik

2.1 Untersuchungsgebiet

Der Hutewald „Ivenacker Eichen" liegt etwa im Zentrum Mecklenburg-Vorpommerns und ist großräumig in die Jungmoränenlandschaft der „Mecklenburgische Seenplatte" eingebettet. Das Untersuchungsgebiet steht zu einem großen Teil auf einem Sander und enthält einen kleineren linienförmigen Sandrücken (Oser), der durch Gletscherabtau und Deglaziationsprozesse kurz nach dem 2. Kältemaximum der Weichseleiszeit entstanden ist. Der Hutewald ist ca. 177 ha groß und gliedert sich in einen als öffentliches Parkgelände mit freilaufenden Tieren genutzten Teil (sog. „Altgatter", ca. 110 ha, s. Abb. 1B) und einen nicht öffentlich zugänglichen Bereich von ca. 67 ha (s. Abb. 1A). Das Gebiet ist Teil des FFH-Gebietes DE 2243-302 „Ivenacker Tiergarten, Stavenhagener Stadtholz und Umgebung" und die potentiell natürliche Vegetation ist Waldmeister-Buchenwald, welche aktuell auch ausgeprägt ist (Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte 2017). Der Hutewald „Ivenacker Eichen" enthält mit 270 Bäumen mit einem BHD

von über 80 cm der Arten Rotbuche und Stieleiche (1,52 pro ha) eine bemerkenswerte Anzahl von Baumveteranen (Abb. 1). Unter den Eichen befinden sich fünf besonders große Exemplare mit einem Brusthöhendurchmesser von über 2 m (Abb. 2). Im Gebiet wurden 417 xylobionte Käferarten nachgewiesen, von denen 178 (20,8 %) in den Roten Listen Mecklenburg-Vorpommerns bzw. Deutschlands stehen (Gürlich 2013). Darunter befinden sich 14 Urwald-Reliktarten (6 davon in der Kategorie 1) und geben dem Gebiet dadurch eine deutschlandweit herausragende Bedeutung als Lebensraum von xylobionten Käferarten (Gürlich 2013).

2.2 Methodik

Für die Untersuchung wurden jeweils fünf in der Vitalität vergleichbare Altbäume der Arten Rotbuche und Stieleiche mit BHD 115–175 cm ausgewählt (s. Tab. 1). Zusätzlich wurden weitere fünf Stieleichen ausgewählt (Abb. 2), die als die „ältesten“ Eichen im Hutewald bekannt sind und einen BHD von 215–365 cm hatten (s. Tab. 1). Im Text werden diese fünf sehr alten Eichen zum besseren Verständnis als „Denkmaleichen“ bezeichnet. Diese unterscheiden sich aufgrund der Alterserscheinungen deutlich in Vitalität und Belaubung gegenüber den zehn erstgenannten Bäumen, besitzen jedoch einen außergewöhnlich hohen BHD. Darunter auch die überregional und als touristisches Highlight bekannte „tausendjährige Eiche“ (DE3) mit einem Alter von ca. 980 Jahren und einem BHD von 3,65 m (Abb. 2). Alle Altbäume besitzen eine individuelle Markierung durch Baummarken. Daten über Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe und Kronendurchmesser stammen von einer Geländeaufnahme aus dem Jahr 2014, welche durch den Verein „Biologisch Technische Überprüfung Bäume e. V.“ vorgenommen wurde (BTÜB, 2014). Die Abundanz der Baummikrohabitate (BMH) wurde im Frühjahr 2021 im unbelaubten Zustand nach Bütler et al. (2020b) erfasst und kategorisiert. Dabei wurden die BMH entsprechend Bütler et al. (2020b) nach ihren für die Artenvielfalt bedeutenden Merkmalen in sieben Formen und 47 Typen eingeteilt (s. Tab. 1 und Appendix). Sämtliche nach Bütler et al. (2020b) differenzierbaren Baummikrohabitate derselben Typen wurden hinsichtlich der Abundanz separat aufgenommen. Hinsichtlich des Kronentotholzes wurde jeder tote Ast ab einem Durchmesser von ca. 10 cm separat aufgenommen (vgl. Bütler et al. 2020b). Neben der Abundanz konnte auch die Diversität (Anzahl unterschiedlicher BMH-Typen pro Baum) kalkuliert werden. Bei der Erfassung der BMH wurde mit Ferngläsern mit einer Vergrößerung von 10 X 40 gearbeitet und stets durch dieselben Personen vorgenommen.

Zur Erfassung und Differenzierung der Vogelaktivitäten (Artenzahl und Häufigkeit) an den unterschiedlichen Altbäumen wurden in der Zeit 10.04.–15.06.2021 an 5 Terminen bei Sonnenaufgang 15 min lang alle Vogelaktivitäten an jedem Baum separat beobachtet und notiert. Die Beobachtungen erfolgten jeweils durch zwei Personen, und anhand des Verhaltens der Vogelindividuen wurde der Aufenthalt an den Bäumen in die Kategorien singendes Männchen mit revieranzeigenden Merkmalen, Brutnachweis/Reproduktionsnachweis, Nahrungssuche oder rastend differenziert und in Brutzeitcodes nach Südbeck et al. (2005) im Beobachtungsprotokoll vermerkt. Wenn bei mindestens einem Vogelindividuum einer Art der Brutzeitcode B oder C festgestellt werden konnte (mindestens „wahrscheinliches Brüten“), wurde die Art als „am Baum brütend“ eingeordnet (s. Tab. 2). Da nur der öffentlich zugängliche Teil der Ivenacker Eichen (Altgatter mit Wildpark) typische Hutelichtungen aufweist, welche auf die Nutzung als Waldweide in historischer Zeit hinweisen, fanden alle Untersuchungen ausschließlich in diesem Bereich statt (s. Abb. 1).

3 Ergebnisse

3.1 Differenzierung der Baummikrohabitate bei Altbäumen

Die BMH-Formen Baumhöhlen, Stammverletzungen und Kronentotholz nehmen zusammengenommen bei allen 15 untersuchten Altbäumen weit über 50 % der gezählten Mikrohabitate ein, während Ausflüsse, epiphytische Strukturen und Pilzfruchtkörper vergleichsweise weniger nachgewiesen werden konnten (Tab. 1). Die Mittelwerte der BMH-Abundanz unterscheiden sich am deutlichsten, wobei sich die Denkmaleichen deutlich von den Eichen und Buchen absetzen (Abb. 4, Tab. 1). Die Mittelwerte der BMH-Diversität von Eichen und Buchen sind nahezu gleich, demgegenüber stechen die Werte der Denkmaleichen auch hier deutlich heraus (Abb. 4, Tab. 1).

Die fast 1.000 Jahre alte Denkmaleiche (DE3) differenziert sich mit 157 BMH deutlich von den anderen Denkmaleichen, sowie den Eichen und Buchen (s. Tab. 1). Während bei Baumhöhlen und Stammverletzungen zumindest von einer weiteren Denkmaleiche (DE4) vergleichbare Werte erreicht werden, hat DE3 mit einer besonders hohen Zahl an Wucherungen ein absolutes Alleinstellungsmerkmal (Tab. 1, Appendix Tab. 1).

Die Altbäume der Eichen und Buchen unterscheiden sich in der durchschnittlichen Zahl von Höhlen kaum (Buchen: 10,2; Eichen: 8,4), während sich die Denkmaleichen mit durchschnittlich 23,6 Baumhöhlen deutlich absetzen. In der Kategorie Stammverletzungen (SV) ergibt sich eine Differenzierung, in der die Denkmaleichen mit durchschnittlich 22 SV deutlich anführen, gefolgt von Eichen (13,4 SV) und Buchen (8 SV). Insgesamt zeigt die Beziehung von Brusthöhendurchmesser und Anzahl der Mikrohabitate einen Trend zu einer zu erwartenden höheren Zahl an Mikrohabitaten bei Eichen gegenüber Buchen mit ähnlichem BHD und einer Korrelation zwischen BHD und BMH bei den Alteichen (s. Abb. 4a), wobei DE2 gegenüber allen anderen Denkmaleichen auffällig degeneriert bzw. in der Vitalität nicht vergleichbar ist.

Insgesamt konnten an den 15 Altbäumen 35 Typen (von insgesamt 47) unterschiedlicher BMHs nach der Typologie von Bütler et al. (2020b) nachgewiesen werden (Appendix Tab. 1). In der Diversität (Anzahl der unterschiedlichen BMH-Typen) differenzierten sich die Denkmaleichen im Gegensatz zur Abundanz weit weniger von Buchen und Eichen (Abb. 4). Auch der Betrachtung der Diversität der BMHs sticht die 1.000-jährige Denkmaleiche (DE3) deutlich hervor (Tab. 1, Appendix Tab. 1).

3.2 Vogeldiversität in Relation zu Strukturmerkmalen an den Altbäumen

Es konnten mit der vorgestellten Methodik insgesamt 27 Vogelarten an den 15 Altbäumen beobachtet werden (s. Tab. 2). Die Summe der beobachteten Arten an allen fünf Bäumen pro Kohorte fiel an den Buchen mit (13 Arten) geringer aus als an den Eichen (21 Arten) und Denkmaleichen

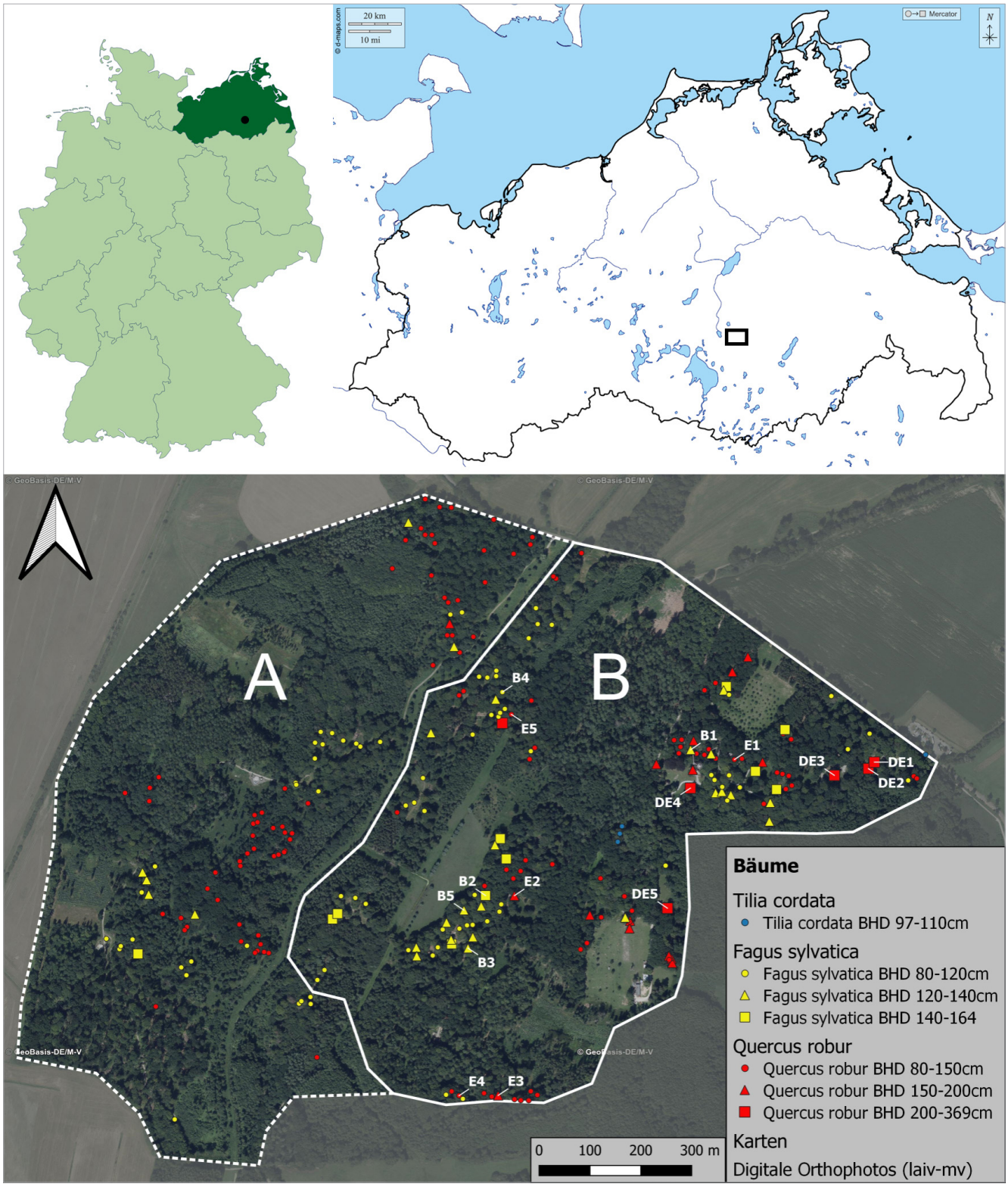

Abb. 1: Geografische Lage des Untersuchungsgebietes in Deutschland (Bundesland Mecklenburg-Vorpommern) und Luftbild des Hutewalds Ivenacker Eichen mit Strukturmerkmalen und Verteilung aller Altbäume mit Brusthöhendurchmesser über 80 cm. Die genaue Position der 15 untersuchten Altbäume ist durch die weißen Nummern (DE 1-5, E 1-5 u. B 1-5 s. Tab. 1) kenntlich gemacht. A „Erweiterungsteil" (doppelt eingezäunt und nicht öffentlich zugänglich). B „Altgatter" mit öffentlich zugänglichem Wildpark. Die Bereiche A und B werden durch ein im Luftbild sichtbares linienförmiges Gewässer getrennt. Kartendarstellungen: Deutschland https://de.wiktionary.org, Mecklenburg-Vorpommern: https://d-maps.com., Luftbild: GeoBasis-DE/M-V. Kartografische Darstellung: Felix Krause.

Fig. 1: *Geographic position of the investigation area in Germany (Mecklenburg-Western Pomerania) and aero photo of the pastoral forest Ivenacker Eichen with structural features and distribution of veteran trees with diameter at breast height above 80 cm. The precise position of the 15 investigated tree individuals is marked by white numbers (DE 1-5, E 1-5 u. B 1-5 s. Tab. 1). Area A is not open to the public, and area B is the fenced park area, open to the public and with unfenced fallow deer, moufflon and horses. Both areas are topographically separated by a water channel (white line between areas A and B). Map sources: Germany: https://de.wiktionary.org, Mecklenburg-Western-Pomerania: https://d-maps.com, aerial photo: GeoBasis-DE/M-V. Design of the aerial photo with features of the investigation area: Felix Krause.*

Abb. 2: 1000-jährige Eiche DE3 (A) mit Detailansicht der Strukturmerkmale des Stammes (B) und Strukturvielfalt am Stamm der Eiche DE5 (C). Photos: Autoren.

Fig. 2: *1,000 years old ancient oak No. DE3 (A) with details of structural features at the trunk (B) and structural features and tree-related microhabitats at the lower trunk of the ancient oak No. DE5 (C). Pictures: by the authors.*

Abb. 3: Gesamtstruktur der Altbuche B2 mit BHD von 1,45 m und Höhe von 38 m (A), Mittelspecht am freiliegenden Holz einer Alteiche (B) und Detailbild des Stammes der Buche B2 (C). Photos: Autoren.

Fig. 3: *(A) Whole structure of the veteran beech B2 with DBH of 1,45 m and hight of 38 m, (B) Middle spotted woodpecker (Leiopicuis medius) at the injured trunk of an ancient oak and (C) detailed features of the trunk of the veteran beech No. B2. Photos by the authors.*

Tab. 1: Maße der 15 untersuchten Altbäume (individuelle Nummern DE1-5, E1-E5, B1-B5) und Ergebnisse zur Anzahl, Differenzierung und Typenvielfalt der aufgenommenen Baummikrohabitate. Angaben über Maße der Bäume wurden einem Gutachten des Vereins „Biologisch Technische Überprüfung Bäume e. V." entnommen (BTÜB, 2014). ([1] inklusive freiliegendem Holz, Risse und Spalten, [2]Appendix Tab. 1). Legende: Md = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Tab. 1: *Measurements (DBH, height, crown diameter) of the 15 investigated veteran trees (individual numbers DE1-5, E1-E5, B1-B5) and results for number and diversity of observed TRMs. Data for DBH, crown diameter, and tree height were collected by the association „Biologisch Technische Überprüfung Bäume e. V." (BTÜB, 2014). ([1] including areas of bark loss, cracks and crevices [2]Appendix Tab. 1). Legende: Md = arithmetic mean, SD = standard deviation.*

Erfassungskriterium	Denkmaleichen					Eichen					Buchen				
	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	B3	B4	B5
Maße der Bäume															
Brusthöhendurchmesser (cm)	255	215	365	285	295	125	175	155	125	145	135	145	125	115	135
Baumhöhe (m)	26	23	32	20	23	29	34	31	34	23	33	38	23	29	34
Kronendurchmesser (m)	17	17	20	8	11	20	23	17	17	14	23	20	17	23	20
Baummikrohabitate															
Baumhöhlen	22	13	36	29	18	7	10	8	6	8	10	12	5	11	13
Stammverletzungen[1]	9	13	40	29	19	9	13	10	17	18	11	1	13	2	13
Kronentotholz	8	7	26	5	18	15	7	11	12	1	2	10	-	-	4
Wucherungen	21	-	52	-	4	2	6	11	12	10	6	-	5	-	15
Pilzfruchtkörper	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-
epiphytische Strukturen	3	-	2	-	1	3	-	-	1	3	1	1	-	1	-
Ausflüsse	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Summe Anzahl Mikrohabitate	64	33	157	63	60	36	36	40	48	40	32	24	24	15	45
Mittelwert *(Md)*	75,8					40,60					28				
Standardabweichung *(SD)*	47,37					4,89					11,24				
Summe Mikrohabitat-Typen[2]	13	14	22	20	17	11	10	10	13	13	14	8	12	9	15
Mittelwert *(Md)*	17,2					11,4					11,6				
Standardabweichung *(SD)*	11,24					1,51					3,04				

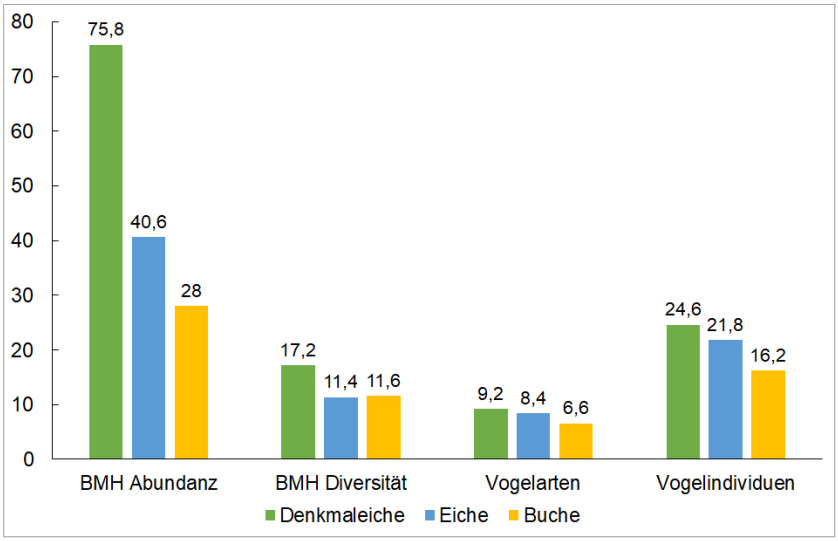

Abb. 4: Mittelwertvergleich von BMH Abundanz, BMH Diversität, Anzahl der Vogelarten und Anzahl der Vogelindividuen von Denkmaleichen, Eichen und Buchen (n = 5). Für die Einzelwerte der Stichproben s. Tab. 1.

Fig. 4: *A Comparison of the mean of TRM abundance, TRM diversity, number of bird species and number of bird individuals per tree (n = 5). For single values see Tab. 1..*

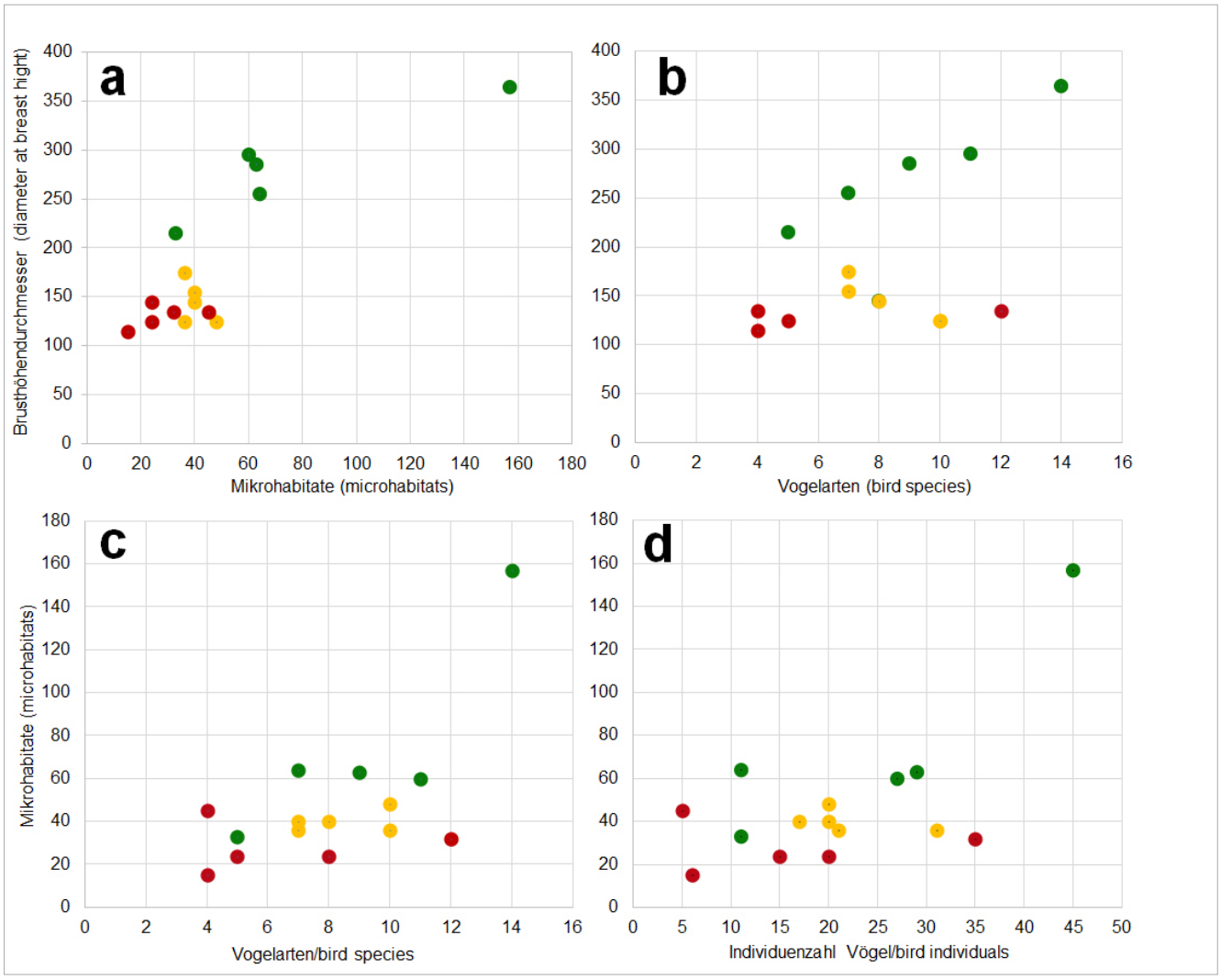

Abb. 5: Brusthöhendurchmesser (BHD) der 15 untersuchten Altbäume in den Ivenacker Eichen in Relation zur Anzahl kartierter Mikrohabitate (a) und in Relation zur Zahl an Vogelarten, die an einem Baumindividuum nachgewiesen wurden (b). Anzahl der Mikrohabitate in Relation zur Zahl an Vogelarten (c) und Vogelindividuen (d), die an einem Baumindividuum nachgewiesen wurden. Legende der Baumarten: rot: Rotbuche, gelb: Stieleiche: grün: „Denkmaleichen" mit besonders hohem Alter. Für weitere Angaben zu den Bäumen s. Tab. 1.

Fig. 5: *Diameter at breast height (DBH) of the investigated trees in relation to the number of tree-related microhabitats (TRM) per tree (a), DBH of the investigated trees in relation to the number of bird species (b), Number of TRMs in relation to the number of observed bird species per tree (c), Number of TRMs in relation to the number of bird individuals per tree (d). Legend for tree cohorts: yellow: veteran oaks, red: beeches, and green: giant ancient oaks. For further data on tree individuals see Tab. 1.*

(20 Arten). Die Anzahl der beobachteten Vogelindividuen differierte mit 81 an Buchen, 109 an Eichen und 123 an Denkmaleichen verhältnismäßig nur leicht (Tab. 2). Einen ähnlich gleichmäßigen Abstand weisen die Mittelwerte der Vogelarten- und Individuen auf, wobei die Distanz der Mittelwerte und auch der direkten Werte von Eiche und Buche im Verhältnis stets größer ist als im Vergleich von Denkmaleichen und Eichen (Abb. 4, Tab. 2). Die fünf häufigsten Vogelarten an allen 15 Altbäumen waren Blaumeise, Kohlmeise, Buchfink, Star und Grauschnäpper (Tab. 2). Nach dem Kriterium des Brutzeit-Codes „mindestens wahrscheinliches Brüten", wurden an den Denkmaleichen 9, an Eichen 3 und an Buchen 6 Vogelarten als brütend erfasst (Tab. 2).

Beim Vergleich der Anzahl von beobachteten Vogelarten pro Baum und BHD ergibt sich keine nennenswerte Differenzierung zwischen den großen Denkmaleichen und den anderen Baumkategorien (Abb. 4b). Im Vergleich der Relation von Anzahl der BMH im Vergleich mit der Artenzahl der Vögel an Einzelbäumen ergibt sich trotz der höheren Anzahl der BMH an den Denkmaleichen kein auffälliger Unterschied dieser Baumkohorte gegenüber Eichen und Buchen (Abb. 4c). Es deutet sich jedoch eine etwas höhere Zahl an Vogelarten bei Eichen im Vergleich zu Buchen mit ähnlichem BHD an (Abb. 4b). Trotz der durchschnittlich höheren Anzahl von BMH an den Denkmaleichen kann im Vergleich dieser Kohorte mit Buchen und Eichen keine höhere Anzahl von Vogelbeobachtungen (Individuenzahl) festgestellt werden (Abb. 4d). Bei der Zahl der beobachteten Vogelindividuen in Relation zur Anzahl von Mikrohabitaten ergeben sich bei allen drei Baumkohorten die geringsten Unterschiede, nur die 1.000-jährige Eiche (DE3) differenziert sich mit 45 Vogelbeobachtungen deutlich vom Rest aller anderen Baumindividuen (Abb. 4d).

Tab. 2: Quantitative Angaben über Vogelbeobachtungen an den untersuchten Altbäumen. Der artbezogene Zahlenwert stellt die Summe der Beobachtungen einer Art am Baum innerhalb der fünf Kartierungseinheiten pro Baum dar. Die unterschiedlichen Nutzungen des Baumes (rastend, singend, brütend, Jungtiere fütternd etc.) werden hier nicht differenziert. (* Nachweis, dass die Art aufgrund der notierten Brutzeit-Codes nach Südbeck et al. 2005 den Baum zur Brut nutzt). Legende: Md = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Tab. 2: *Bird observations at the investigated veteran trees. The species-related number is the sum of all observations of one species per tree individual within the five observations per tree. (*Record of breeding or breeding behavior within a season where this behavior is suggested as breeding record after Südbeck et al. (2005). Legend: Md = arithmetic mean, SD = standard deviation.*

Vogelart	Vogelvorkommen an Einzelbäumen														
	Denkmaleichen					Eichen					Buchen				
	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	B3	B4	B5
Waldkauz					1										
Ringeltaube			1				1								
Hohltaube									1						
Schwarzspecht										2					
Grünspecht								2							
Buntspecht			4	2	2				1		2				
Mittelspecht			1								1				
Kleinspecht									1						
Bachstelze			1*												
Gartenrotschwanz					1	2									
Rotkehlchen													1		1
Amsel			1	1						1					
Zilpzalp					2	1				1	1	1			
Grauschnäpper			3	7*		5			2	1	3*	2	3	1	
Trauerschnäpper										1	1				
Kohlmeise	1*	1	3	6*	8*	2	3*		2	4	4	5	5*	2	1
Blaumeise	1	3	8*	5*	3	4	4	5	5	6	6	2		2*	
Sumpfmeise	1														
Weidenmeise						1									
Kleiber			5*	1	2	4	4*				2*	1	2	1	1
Baumläufer unbest.								1							
Waldbaumläufer	1*	1	1*				1				1	1			
Gartenbaumläufer	3	3	1	1	3*		3	3	2		1	2			
Eichelhäher	1														
Kolkrabe					2										
Star			8*	2	2	1	5	1	2	4*	1	6	4*		2
Buchfink	3	3*	7	4	1	9		2	2		12*				
Kernbeißer			1			2		3	2						
Summe Arten	7	5	14	9	11	10	7	7	10	8	12	8	5	4	4
Summe Arten	20					21					13				
Md	9,2					8,4					6,6				
SD	3,49					1,51					3,43				
Summe Individuen	11	11	45	29	27	31	21	17	20	20	35	20	15	6	5
Summe Individuen	123					109					81				
Md	24,6					21,8					16,2				
SD	14,24					5,35					12,23				

4 Diskussion

4.1 Baummikrohabitate

Über Baummikrohabitate von Altbäumen in Hutewäldern oder baumartspezifische Differenzierungen von BMHs in Hutewäldern gibt es bisher keine Angaben. In dem gewählten Stichprobenumfang sind jedoch ausschließlich die Datenmuster einzelner Baumindividuen von Interesse, welche Anregungen zur weiteren Untersuchung von Altbäumen im Rahmen landschaftsökologischer Fragestellungen geben sollen.

Die in unserer Studie genutzte hierarchische Typologie für die Differenzierung und Kartierung von Mikrohabitaten (Larrieu et al. 2018, Bütler et al. 2020b) mit 47 Mikrohabitat-Typen, die sieben verschiedenen Formen zugewiesen sind (s. Appendix Tab. 1), wurde bisher erst von wenigen Autoren angewendet (vgl. Larrieu et al. 2021, Kozák et al. 2023). Viele Autoren haben in ihren Studien eine unterschiedliche, fest definierte Zahl von ausgewählten BMHs unter verschiedenen Aggregationsebenen untersucht. So fokussierten sich beispielsweise Winter & Möller (2008) auf 20, Larrieu & Cabanettes (2012) auf 7, Larrieu et al. (2014) auf 9 und Kätzel et al. (2016) auf 10 Aggregationsformen von BMH-Typen (z. B. Mulmhöhlen, Spechthöhlen etc.) und konzentrieren sich damit auf die Diversität der BMHs und nicht auf die Anzahl an BMHs (Abundanz), die wir an den Ivenacker Eichen untersucht haben. Nur Asbeck et al. (2019) gehen auf die Abundanz von BMHs intensiver ein und beschreiben, dass sehr große Bäume mit einem BHD von über 100 cm „dramatisch viele" BMHs haben können.

Trotz der Tatsache, dass die BMHs quantitativ und qualitativ in der Vergangenheit unterschiedlich erfasst wurden und für unsere Stichprobe nur die Bäume mit vorwiegend stärkstem BHD aus einem Untersuchungsgebiet selektiert wurden, kann die Anzahl der BMHs der untersuchten Bäume aus den Ivenacker Eichen (Tab. 1) im Kontext der Literatur als Besonderheit herausgestellt werden.

Im Vergleich mit bisherigen Studien sind die von uns untersuchten Baumindividuen vom BHD her einmalig und kaum mit bisherigen Ergebnissen vergleichbar (vgl. Asbeck et al. 2019). Die auffällig hohe Zahl an BMHs ist im Zusammenhang mit den hohen Werten für die BHDs zu verstehen (s. Asbeck et al. 2019), die (mit einer Ausnahme) bei mind. 125 cm oder wesentlich mehr liegen (Tab. 1). Untersuchungen mit hohen Stichprobengrößen an unterschiedlichen Laub- und Nadelbäumen kommen zum Schluss, dass der BHD die höchste Bedeutung für die Vorhersagbarkeit der Abundanz und Diversität von BMHs hat (Larrieu et al. 2014 u. 2021, Asbeck et al. 2019, Kozák et al. 2023). Insbesondere Kozák et al. (2023) weisen den BHD für diverse Waldtypen als „*most important predictor*" für den Reichtum an BMHs aus und betonen die Bedeutung des hohen Alters von Bäumen, da sich die Zunahme an BMHs über Jahrhunderte ungestört entwickeln kann. Ein weiterer Effekt, der die Entwicklung der besonders hohen BMH-Zahl an den Denkmaleichen (DE 1–5, S. Tab. 1, Abb. 2) geführt haben kann, ist deren solitäre Stellung im Hutewald, die in heutiger Zeit, sowie vor allem auch in historischer Zeit, kaum durch Beschattung beeinflusst wurde. Auch Kessler (2000) weist bei einer Untersuchung von Alteichen in der Schorfheide (Brandenburg, Deutschland) auf die Bedeutung der Solitärstellung bzw. Lichtverhältnisse für die Vitalität der Altbäume hin. Auf die höhere Dichte und Diversität von BMH an Solitäreichen und die Bedeutung der Offenheit der Wälder für eine hohe Strukturvielfalt an alten Bäumen verweisen Miklín et al. (2018) sowie Parmain & Bouget (2017). Ob sich bei größerer Stichprobe eine statistisch nachweisbare Differenzierung in der Zahl der BMHs bei Eichen und Buchen ergibt, die sich durch die hier vorgelegten Werte leicht andeutet (s. Tab. 1, Abb. 4a), wäre eine sehr interessante Fragestellung für zukünftige Forschungen. Beispielsweise ergeben sich unterschiedliche Geschwindigkeiten bei der Entstehung von BMHs bei verschiedenen Baumarten, sowie auch artspezifische Differenzierungen in Qualität und Quantität von BMH-Mustern, welche unter anderem für Buchen (*Fagus sylvatica*) und Tannen (*Abies alba*), sowie zwischen *Fagus sylvatica* und *Fagus orientalis* belegt sind (Larrieu et al. 2012 u. 2017, Jahed et al. 2020).

4.2 Baummikrohabitate und Vogelnutzung

Die Vögel an den untersuchten Altbäumen werden durch Arten repräsentiert, die in Buchen- sowie Eichenwäldern in Deutschland vorkommen (Müller 2005, Schumacher 2006) und auch mit anderen Hutewäldern vergleichbar sind (s. Gerken et al. 2008). Das Artenmuster der Vögel an den Altbäumen, sowie auch deren Häufigkeit, zeigten in unserer geringen Stichprobe nur ansatzweise Differenzierungen, welche wahrscheinlich durch die Strukturvielfalt der Baumkohorten bedingt sind. Während es sich bei der Zahl der BMHs um eine vollständige Erfassung je Baum handelt, stellt das Muster an Vogelbesuchen an den Altbäumen nur einen Ausschnitt der tatsächlichen Gegebenheiten dar, der jedoch den unternommenen Vergleich erlaubt. Weitere methodische Limitationen (wie z. B. die geringe Stichprobengröße) sind als Erklärung für die kaum vorhandene Differenzierung der beobachteten Artenmuster an den Baumkohorten denkbar. Da die Untersuchungen von Paillet et al. (2018) zeigen, dass es in Wäldern eine direkte Verbindung zwischen Artenzahl und Häufigkeit der Vögel und Fledermäuse, sowie der Diversität von Mikrohabitaten gibt, wären Untersuchungen mit umfangreicheren Stichproben sicher aussichtsreich, um die Muster an Differenzierungen mit belastbarer Statistik zu charakterisieren. Weiterhin zeigen Paillet et al. (2018), dass die Diversität an BMHs eine bessere Prognose auf xylobionte Käfer, Vögel und Fledermäuse zulässt als größere Strukturelemente (z. B. stehendes Totholz etc.). Diese Aussagen von Paillet et al. (2018) beziehen sich jedoch nicht auf einzelne Bäume, sondern auf eine Fläche. Es ist möglich, daß sich die Ressourcennutzung an sehr großen Altbäumen durch Vögel generell ähnelt und deutliche Differenzierungen nur auftreten, wenn sich im BHD und demzufolge auch in der Zahl der BMHs deutlichere Unterschiede ergeben.

Danksagung

Wir danken Jenny Bringmann, Maria Doll, Ally Fiedler, Isabell Jäger, Anna Pillath, Steffen Plettner, Fiona Purucker und Lisa Sanden für die Hilfe bei der Datenerfassung im Gelände. Ein besonderer Dank gilt Frau Rita Bütler für zahlreiche Hinweise zu einer früheren Version des Manuskripts. Felix Krause erstellte die Abbildung 1. Herrn Ralf Hecker und Frau Helen Andrews danken wir für die Genehmigung der Untersuchung, technische Unterstützung und die Bereitstellung von Daten.

Literatur

Asbeck, T., Pyttel, P., Frey, J., Bauhus, J. (2019): Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. Forest Ecology and Management **432**: 400-408.

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., Larrieu, L. (2020a): Habitatbäume kennen, schützen und fördern. WSL Eidgenössische Forschungsanstalt Merkblatt 64, 12 pp.

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., Larrieu, L. (2020b): Taschenführer der Baummikrohabitate - Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL: 59 pp.

Biologisch-Technische Überprüfung Baum e. V. (2014): Baumliste Ivenacker Eichen: Stammdurchmesser, Kronendurchmesser, Baumhöhe, Baumart, Baum-Nummer. Unveröff. Gutachten. Göttingen: 76 S.

Courbaud, B., Pupin, C., Letort, A., Cabanettes, A., Larrieu, L. (2017): Modelling the probability of microhabitat formation on trees using cross-sectional data. Methods in Ecology and Evolution **8**: 1347-1359.

Courbaud, B., Larrieu, L., Kozak, D., Kraus, D., Lachat, T., Ladet, S., Müller, J., Paillet, Y., Sagheb-Talebi, K., Schuck, A., Stillhard, J., Svoboda, M., Zudin, S. (2022): Factors influencing the rate of formation of tree-related microhabitats and implications for biodiversity conservation and forest management. Journal of Applied Ecology **59**: 492-503.

Drever, M. C., Aitken, K. E.-H., Norris, A. R., Martin, K. (2008): Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health and harvest. Biological Conservation **141**: 624-634.

Fartmann, T., Müller, C., Poniatowski, D. (2013): Effects of coppicing on butterfly communities of woodlands. Biological Conservation **159**: 396-404.

Flade, M., Winter, S., Schumacher, H., Möller, G. (2007): Biologische Vielfalt und Alter von Tiefland-Buchenwäldern. Natur und Landschaft **82**: 410-415.

Georgi, M., Hagge, J., Hielscher, K., Kleinschmit, J. R. G., Kreuselberg, B., Lauterbach, M., Mayr, S., Poeppel, S., Schleupner, C. (2024): Erhaltung und Förderung lichter Waldstrukturen für den Insektenschutz. Natur und Landschaft **99**: 75-81.

Gerken, B., Krannich, R., Krawczynski, R., Sonnenburg, H., Wagner, H.-G. (2008): Hutelandschaftspflege und Artenschutz mit großen Weidetieren im Naturpark Solling-Vogler. Naturschutz und Biologische Vielfalt **57**: 1-267.

Gürlich, S. (2013): Hutewaldökosystem Ivenacker Tiergarten (Forstamt Stavenhagen): Bestandsaufnahme und Bewertung der Holzkäferfauna 2011 und 2013. Unveröffentlichtes Gutachten: 125 S.

Jahed, R. R., Kavousi, M. R., Farashiani, M. E., Sagheb-Talebi, K., Babanezhad, M., Courbaud, B., Wirtz, R., Müller, J., Larrieu, L. (2020): A Comparison of the Formation Rates and Composition of Tree-Related Microhabitats in Beech-Dominated Primeval Carpathian and Hyrcanian Forests. Forests **11**: 144.

Kessler, K. (2000): Die autochthonen Alteichen und Hutewaldreste im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft **85**: 13-22.

Koch Widerberg, M., Ranius, T., Drobyshev, I., Nilsson, U., Lindbladh, M. (2012): Increased openness around retained oaks increases species richness of saprophylic beetles. Biodiversity and Conservation **21**: 3035-3059.

Kozák, D., Svitok, M., Zemlerová, V., Mikoláš, M., Lachat, T., Larrieu, L., Paillet, Y., Buechling, A., Bače, R., Keeton, W. S., Vítková, L., Begovič, K., Čada, V., Dušátko, M., Ferenčík, M., Frankovič, M., Gloor, R., Hofmeister, Y., Janda, P., Kameniar, O., Kníř, T., Majdanová, L., Mejstřík, M., Pavlin, J., Ralhan, D., Rodrigo, R., Roibu, C.-C., Synek, M., Vostarek, O., Svoboda, M. (2023): Importance of conserving large and old trees to continuity of tree-related microhabitats. Conservation Biology **e14066**: 1-12.

Kätzel, R., Becker, F., Schröder, J., Zander, M., Leinemann, L., Löffler, S. (2016): Vom genetischen und naturschutzfachlichen Wert der Alteichen der Schorfheide und über Wege zur Erhaltung ihrer genetischen Ressourcen. Thünen-Report **45**: 30-45.

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. Canadian Journal of Forest Research **42**: 1433–1445.

Larrieu, L., Cabanettes, A., Brin, A., Bouget, C., Deconchat, M. (2014): Tree microhabitats at stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. European Journal of Forest Research **133**: 355-367.

Larrieu, L., Pailletc, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Micheli, A. K., Regnery, B., Vandekerkhove, 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., Courbaud, B., Goulard, M., Heintz, W., Kozák, D., Kraus, D., Lachat, T., Ladet, S., Müller, J., Paillet, Y., Schuck, A., Stillhard, J., Svoboda, M. (2021): Co-occurrence patterns of tree-related microhabitats: A method to simplify routine monitoring. Ecological Indicators **127**: 107757.

Lettermaier, L., Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Gruppe, A., Müller, J., Hagge, J. (2022): Beetle diversity is higher in sunny forests due to higher microclimatic heterogeneity in deadwood. Oecologia **198**: 825-834.

Moning, C., Müller, J. (2008): Environmental key factors and their thresholds for the avifauna of temperate montane forests. Forest Ecology and Management **256**: 1198-1208.

Miklín, J., Sebek, P., Hauck, D., Konvicka, O., Cizek, L. (2018): Past levels of canopy closure affect the occurrence of veteran trees and flagship saproxylic beetles. Diversity and Distributions **24**: 208-218.

Mölder, A., Bedarff, U., Lorenz, K., Meyer, P., Schmidt, M. (2022): Erfolgreiche Reaktivierung eines Mittelwaldes im niedersächsischen Bergland. Naturschutz und Landschaftsplanung **54**: 24-35.

Müller, J. (2004): Vögel als “Inspektionsbeamte” in Eichenwäldern. LWF-Wissen **46**: 22-28.

Müller. J. (2005): Vogelgemeinschaften als Indikatoren für Waldstrukturen in Eichenwäldern. Der Ornithologische Beobachter **102**: 15-32.

Paillet, Y., Archaux, F., du Puy, S., Bouget, C., Boulanger, V., Debaive, N., Gilg, O., Gosselin, F., 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.

Pakkala, T., Lindén, A., Tiainen, J., Tomppo, E., Kouki, J. (2014): Indicators of forest biodiversity: which bird species predict high breeding bird assemblage diversity in boreal forests at multiple spatial scales? Annales Zoologici Fennici **51**: 457-476.

Parmain, G., Bouget, C. (2017): Large solitary oaks as keystone structures for saproxylic beetles in European agricultural landscapes. Insect Conservation and Diversity **11**: 100-115.

Percel, G., Parmain, G., Laroche, F., Bouget, C. (2018): The larger, the better? Effects of delayed diameter-limit cutting on old-growth attributes and saproxylic beetle diversity in temperate oak forests. European Journal of Forest Research **137**: 237–249.

Schumacher, H. (2006): Zum Einfluss forstlicher Bewirtschaftung auf die Avifauna von Rotbuchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland. PhD thesis, University of Göttingen, Germany: 223 pp.

Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburgische Seenplatte (2017): Managementplan für das FFH-Gebiet DE 2243-302 Ivenacker Tiergarten, Stavenhagener Stadtholz und Umgebung. Hrsg.: Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern: 56 S.

Südbeck, P., Andretzke, H., Fischer, S., Gedeon, K., Schikore, T., Schröder, K., Sudfeld, C. (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell: 779 S.

Winter, S., Möller, G. C. (2008): Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. Forest Ecology and Management **255**: 1251-1261.

Zudin, S., Heintz, W., Kraus, D., Krumm, F., Larrieu, L., Schuck, A. (2022): A spatially-explicit database of tree-related microhabitats in Europe and beyond. Biodiversity Data Journal **10**: e91385.

submitted: 12.05.2023
reviewed: 20.03.2024
accepted: 03.05.2024

Autorenanschrift

Prof. Dr. Robert Sommer
Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik
Professur für angewandte Zoologie, Tierökologie & Naturschutz
Brodaer Str. 2, 17033 Neubrandenburg
E-Mail: sommer@hs-nb.de

Johannes Schneider
Fritz-Reuter-Straße 17
17033 Neubrandenburg
E-Mail: faunaerfassung@web.de

Pascal Ertzinger, B.Sc.
Gützkower Straße 19
17489 Greifswald
E-Mail: pascal.ertzinger@web.de

Anhang / Appendix

Tab. A1: Quantitative Aufschlüsselung der beobachteten Mikrohabitat-Typen anhand der Terminologie nach Bütler et al. (2020) für die untersuchten Altbäume aus dem Hutewald „Ivenacker Eichen" (Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland). Die genaue Definition der Größe der unterschiedlichen Mikrohabitate (z. B. kleine Bruthöhle, mittelgroße Bruthöhle etc.) s. Bütler et al. (2020). Fußnoten: [1]am Stamm, [2]ohne Bodenkontakt (Öffnung ø > 30 cm), [3]mit Bodenkontakt (Öffnung ø > 30 cm), [4]mit freiliegendem Kernholz, [5]an der Bruchstelle, [6]ø > 10 cm an Basis, [7]ø > 10 cm. Die BMH-Formen (Höhlen, Stammverletzungen etc.) sind kursiv geschrieben.

Tab. A1: *Pattern of diversity (number of different TRMs per tree) and abundance (number of one specific TRMs respectively sum of all counted TRMs) of the 15 investigated veteran trees in the pasture forest "Ivenacker Eichen" (Mecklenburg-Western Pomerania) after the TRM-terminology of Bütler et al. (2020). For information on specific definition of different TRM types s. Bütler et al. (2020) or Larrieu et al. (2018).[1]at the tree trunk, [2]without contact of the ground (opening ø > 30 cm), [3]with contact with the ground (opening ø > 30 cm), [4]with exposed heartwood, [5]at the breaking point, [6]ø > 10 cm at base, [7]ø >10 cm. The different forms of TRMs (Cavitys, tree trunk injuries etc.) are written in italics.*

Mikrohabitat-Typen	Denkmaleichen					Eichen					Buchen				
	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	E1	E2	E3	E4	E5	B1	B2	B3	B4	B5
Höhlen															
Kleine Bruthöhle	1	1		2		4	3		2	2	5			1	2
Mittelgroße Bruthöhle		5	5		3	1	1	4				1			
Höhlenetage (Spechtflöte)			1	2	1				1		1	1			
Asthöhle > 10 cm	11	4	4	12	2		1	1	1	2	2	3		2	1
Rindenbedeckte Einbuchtung[1]			4	1	3				1			1		2	1
Fraßlöcher von Spechten	2	1		1	3			1		1	2		1		
Insektengänge und Bohrlöcher	1	1	9	1	1	1				1			1	1	1
Stammfußhöhle	2		3	3	1	1	5	2	1			6	3	4	6
Mulmhöhle mit Bodenkontakt	3	1	1						2	2				1	2
Mulmhöhle ohne Bodenkont.	3		4	7	4										
Kaminartiger, hohler Stamm[2]	1														
Kaminartiger, hohler Stamm[3]			1												
Halboffene Mulmhöhle > 30 cm			4												
Stammverletzungen															
Rindentaschen (oben offen)		2	8	3	11		1	1	1	3			3		1
Rindentaschen (unten offen)		1	6	2	2				3	1	1		4		1
Holz ohne Rinde		1	11	1	4	6		2	10		5		2		3
Starkastabbruch[4]	9	5	8		5	2	6	6	3	3	3		2	2	1
Stammbruch > 20 cm[5]		1		2									1		
Riss/Spalte		2	7	15	1	1	6	1		1	1		1		6
Riss bei Zwiesel		1		1							1	1			1
Kronentotholz															
tote Äste	8	7	26	5	18	15	7	11	12	10	2	10			4
abgebrochener Starkast				4						1					
Abgebrochene Kronenspitze[6]				1											
Wucherrungen															
Wasserreiser	21		43			2	3	11	10	10	4		1		
Maserknollen ø > 20 cm			7		2		3		2		2		4		8
Krebs ø > 20 cm			2		2										7

Epiphytische Strukturen															
Laub- oder Lebermoose			1	1		1			1						
Nest						2									
Nester von Wirbeltieren[7]					1										
Nester von Wirbellosen												1			
Mikroboden				1						3					
Blatt- oder Strauchflechten	1			1							1				
Efeu oder Lianen			1											1	
feste u. schleimige Pilzfruchtk.															
Mehrjährige Poorlinge			1								2		1		
Ausflüsse															
Aktiver Saftfluss (> 10 cm)	1													1	
Summe Mikrohabitat-Typen	13	14	22	20	17	11	10	10	13	13	14	8	12	9	15
Summe Mikrohabitate	64	33	157	63	60	36	36	40	48	40	32	24	24	15	45