

Anwendungsvergleich unterschiedlicher Habitatbaumauswahlprogramme

BACHELORARBEIT
IM STUDIENGANG WALDWIRTSCHAFT UND UMWELT (B. SC.)
AN DER PROFESSUR FÜR WALDBAU
DER FAKULTÄT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN
UNIVERSITÄT FREIBURG
FREIBURG IM BREISGAU

vorgelegt von: Holger Heiß
Sautierstraße 69
79104 Freiburg
E-Mail: hheiss8919@gmail.com

Matrikelnummer: 5104887
Fachsemester: 7
Studiengang: Waldwirtschaft und Umwelt

Abgabe: 05.04.2024
Referent: Prof. Dr. Jürgen Bauhus
Korreferent: Prof. Dr. Thomas Seifert

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Zusammenfassung	6
1. Einleitung	7
1.1 Problemstellung und Ziele	8
2. Material und Methoden	10
2.1 Versuchsflächen.....	10
2.2 Aufnahmeflächen	16
2.3 Auswahlkriterien für Habitatbäume	17
2.3.1 Alt- und Totholzkonzept ForstBW	17
2.3.2 Weiterentwicklung AuT ForstBW	18
2.3.3 Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft	19
2.3.4 Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement	20
2.4 Feldaufnahme	23
2.5 Statistische Analyse.....	24
2.5.1 Filtern der Daten	24
2.5.2 SPSS Methoden	25
3. Ergebnisse	26
3.1 Forschungsfragen Teil 1.....	26
3.1.1 Anzahl der potentiellen Habitatbäume	26
3.1.2 Anzahl der Mikrohabitate je ausgewähltem potentiellen Habitatbaum	27
3.1.3 Unterschiede bezüglich des Holzwertes der potenziellen Habitatbäume	28
3.1.4 Unterschiede in der Artenvielfalt der potentiellen Habitatbäume	28
3.2 Forschungsfragen Teil 2.....	30
3.2.1 Unterschiede bei der Anzahl ausgewiesener Bäume	30
3.2.2 Unterschiede bei der Anzahl der Mikrohabitate	31
3.2.3 Unterschiede in der Artenvielfalt	33

4. Diskussion	35
4.1 Unterschiede in der Anzahl der Habitatbäume.....	35
4.2 Unterschiede in der Anzahl der Mikrohabitate pro Baum.....	36
4.3 Unterschiede hinsichtlich des Holzwertes der potentiellen Habitatbäume	37
4.4 Unterschiede in der Artenvielfalt der Bäume	37
4.5 Spezifische Anwendungsregeln.....	39
4.6 Methodenkritik.....	40
5. Fazit	41
Literaturverzeichnis	43
Anhang	46
Eidesstattliche Erklärung	52

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Bestandesbild des Marteloskop Mooswald, geprägt von Stieleiche, Esche und Hainbuche, Aufnahme: 24.03.2024.....	14
Abb. 2: Bestandesbild des Marteloskop Rosskopf, geprägt von Douglasie, Buche und Tanne, Aufnahme: 24.03.2024	14
Abb. 3: Darstellung der Lage der beiden Marteloskopflächen Mooswald (in gelb) und Rosskopf (in blau). Aufgenommen mit Apple Karten, am 21.03.2024	16
Abb. 4: Anzahl der gesamten potentiellen Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf allen acht Versuchsflächen	26
Abb. 5: Anzahl der ausgewählten Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf der Fläche Mooswald.....	30
Abb. 6: Anzahl der ausgewählten Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf der Fläche Rosskopf	31
Tab. 1: Übersicht der Marteloskopflächen sortiert nach Waldtyp, Fichte (in rot), Buche (in gelb), Eiche (in blau), Tanne (in grün), Baumartenverteilung (% am Vorrat) und Anzahl der Bäume pro Hektar	12
Tab. 2: Übersicht über die Kriterien der Auswahlprogramme Alt- und Totholzkonzept (AuT), Weiterentwicklung Alt- und Totholzkonzept (AuT_we), Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft (NWW) und das Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement (KWM), für einen potentiellen Habitatbaum, mit Mikrohabitatcode	20
Tab 3: Übersicht über die Anzahl der Habitatbäume (N) pro Auswahlprogramm und die fehlenden Bäume verglichen mit der gesamten Anzahl	27

Abkürzungsverzeichnis

Brusthöhendurchmesser	BHD
Habitatbaumgruppe	HBG
Alt- und Totholzkonzept	AuT
Weiterentwicklung Alt- und Totholzkonzept	AuT_we
Richtlinie Nachhaltige Waldwirtschaft	NWW
Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement	KWM

Zusammenfassung

Habitatbäume sind ein wichtiges Werkzeug um die Biodiversität im Wald zu steigern. Dies liegt unter anderem daran, dass die an dem Baum befindlichen Mikrohabitate, durch den Nutzungsverzicht der Habitatbäume erhalten und gefördert werden. Deshalb muss der Auswahl der Habitatbäume besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

In dieser Arbeit wurden vier Habitatbaumauswahlprogramme, die alle in Baden-Württemberg anwendbar sind, miteinander verglichen. Dafür wurden die Daten von acht Marteloskopflächen nach den Kriterien der vier Programme gefiltert und auch in der Praxis, auf den Marteloskopfen Mooswald und Rosskopf, angewandt.

Die Untersuchung ergab, dass das Programm „Nachhaltige Waldwirtschaft“ deutlich weniger potentielle Habitatbäume zulässt als die anderen Auswahlprogramme. Diese Bäume haben jedoch eine signifikant höhere Anzahl an Mikrohabitaten je Baum. Im Gegensatz dazu wählten das „Alt- und Totholzkonzept“ und die „Weiterentwicklung des Alt- und Totholzkonzeptes“, eine ähnliche Anzahl an Bäumen aus, allerdings mit einer geringeren Anzahl an Mikrohabitaten und niedrigeren Holzwerten im Vergleich zur Nachhaltigen Waldwirtschaft. Das Programm Klimaangepasste Waldmanagement zeigte die höchste Anzahl an ausgewählten Bäumen, jedoch mit einer vergleichbaren Zahl an Mikrohabitaten und Holzwerten zu den beiden Alt- und Totholzkonzepten.

Der Holzwert je potentielltem Habitatbaum ist bei Programm Nachhaltige Waldwirtschaft signifikant höher als bei den anderen drei. Dies deutet darauf hin, dass eine selektivere Auswahl, zu einer größeren Qualität der einzelnen Bäume führt. Dafür hatte dieses Programm auch die geringste Baumartenvielfalt.

Bei der Untersuchung auf der Fläche hat sich gezeigt, dass sich die Ergebnisse der Datenanalyse nicht direkt auf die tatsächliche Ausweisung auf der Fläche übertragen lassen. Die signifikanten Unterschiede bei der Mikrohabitatanzahl in den Beständen waren nun bei dem Programm „Klimaangepasstes Waldmanagement“, welches signifikant mehr Mikrohabitate je Baum aufweist.

Weitere Forschungen sollten die gesamte Anzahl der Mikrohabitaten der ausgewiesenen Bäume untersuchen, statt nur die Anzahl der Mikrohabitate je Baum. Damit würden die Unterschiede der realen Ausweisungsmethode für Habitatbaumgruppen zum Vorschein kommen und die Ergebnisse wären vermutlich näher an der Praxis.

1. Einleitung

Habitatbäume sind Bäume die, tot oder lebendig, mindestens ein Mikrohabitat tragen. Der Ausdruck „Mikrohabitat“ beschreibt hierbei einen auf kleinste Fläche begrenzten Lebensraum (Bütler *et al.* 2020) Der Nutzungsverzicht von Habitatbäumen ist wichtig für den Erhalt und die Entstehung von Mikrohabitaten und Totholz, welche wiederum eng verknüpft sind mit der Waldbiodiversität (Bütler *et al.* 2013). Aus diesem Grund spielt die Auswahl von Habitatbäumen eine wichtige Rolle für den Erhalt der Biodiversität und die Förderung nachhaltiger Ökosysteme (Bütler *et al.* 2020), denn Mikrohabitate an Bäumen sind wichtige Einheiten, um Artenvielfalt im Wald zu gewährleisten (Kraus & Schuck 2016). Wenn von der Bewahrung der Biodiversität im Wald gesprochen wird, ist damit vor allem der Schutz von Mikrohabitaten gemeint (Kraus *et al.* 2016a).

Aufgrund der engen Beziehung zwischen Habitatbaum, Mikrohabitat und Biodiversität, spielen Mikrohabitate an Bäumen eine große Rolle bei der Auswahl von Habitatbäumen und sind ein essenzielles Auswahlkriterium (Großmann, Pytell 2019). Das Vorkommen von Mikrohabitaten in Wäldern ist mit dem Vorhandensein der Baumartenvielfalt verknüpft. Baumart, Durchmesser und Vitalität des Baumes haben einen Einfluss auf das Vorkommen von Baum-Mikrohabitaten (Larrieu *et al.* 2022). Dabei kommt es nicht nur auf die Mikrohabitate an sich an, sondern auch noch auf die Dauer, die zur Entwicklung des Habitats nötig ist, wie auch die generelle Seltenheit der Struktur (ebd.) Da die Häufigkeit und Vielfalt der Mikrohabitate in bewirtschafteten Wäldern oft geringer ist, als in Wäldern, die ihrer natürlichen Entwicklung überlassen sind (Bütler & Lachat 2009), ist es wichtig für bewirtschaftete Wälder, mit gezielten Förderungen, Anreize zu schaffen.

Zur Förderung von Biodiversität, Totholz und Mikrohabitaten im Wald gibt es verschiedenen Ansätze. In Baden-Württemberg gibt es unter anderem das Alt- und Totholzkonzept (AuT), welches seit Februar 2010 in bewirtschafteten Wäldern umgesetzt wird. Hinzu kommt eine, seit Juni 2023 bereitgestellte, AuT-Praxishilfe (AuT_we), die einige Veränderungen bezüglich der Auswahl und Erfassung von Bäumen, wie auch Flächen mit sich bringt (ForstBW 2023). Des weiteren gibt es Richtlinien zur „Nachhaltigen Waldwirtschaft Teil E - Waldnaturschutzförderung“ (NWW) für private Forstbetriebe (MLR 2020), wie auch das Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement (KWM) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2022a). Damit hat eine Waldbesitzerin oder ein Waldbesitzer mehrere Möglichkeiten, wenn es darum geht, Habitatbäume auszuweisen und deren Vorteile zu verwirklichen.

1.1 Problemstellung und Ziele

Waldbesitzende werden vor der Frage stehen, welches Programm sich am besten für ihren eigenen Wald eignet. Das Ziel dieser Arbeit ist es, fokussiert vier Programme, welche Anleitungen für die Auswahl von Habitatbäumen geben, zu analysieren, zu vergleichen und daraus wissenschaftliche Erkenntnisse für Theorie und Praxis zu generieren.

Die Verschiedenheiten und deren Auswirkungen auf die Praxis zu kennen ist, wichtig für die Entscheidungsfindung bei der Habitatbaumauswahl. Die Arbeit konzentriert sich bei dem Programmvergleich auf eher ökologische Kriterien, wie Gesamtanzahl der Habitatbäume je Programm, Anzahl der Mikrohabitate pro Habitatbaum und Artenvielfalt der gewählten Bäume, sowie auf ökonomische Aspekte, wie die jeweiligen Holzwerte eines Habitatbaumes.

Die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Programme AuT, AuT_we, NWW und KWM werden in Bezug auf die Kriterien der Habitatbaumauswahl in einem ersten Schritt zusammengetragen. Danach erfolgt eine Anwendung der Kriterien für einen potentiellen Habitatbaum auf die Baumdaten von acht Marteloskopflächen und eine anschließende statistische Auswertung der Ergebnisse. Des Weiteren werden die Kriterien im Eichen- und Bergmischwald anhand der zwei Marteloskope in Freiburg praktisch angewendet. Die daraus resultierenden Kollektive potenzieller Habitatbäume werden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften untersucht. Dazu werden wieder die Indikatoren Anzahl der Habitatbäume, Anzahl der der Mikrohabitate je Habitatbaum, und Artenvielfalt der Bäume herangezogen.

Folgende Forschungsfragen sollen im Rahmen dieser Bachelorarbeit untersucht werden:

1) **Welche Unterschiede ergeben sich aus den Kriterien der Auswahlprogramme bei der Anwendung in den ausgewählten Untersuchungsflächen?**

- 1.1) bei der gesamten Anzahl der in Frage kommenden Bäume
- 1.2) bezüglich der Anzahl der Mikrohabitate je ausgewähltem Baum
- 1.3) hinsichtlich des Holzwertes in € der potenziellen Habitatbäume
- 1.4) in der Artenvielfalt der ausgewählten Bäume

2) Welche Unterschiede ergeben sich aus den unterschiedlichen Auswahlkriterien bei der praktischen Anwendung?

2.1) bei der Anzahl der ausgewählten Bäume

2.2) bezüglich der Anzahl der Mikrohabitate je ausgewähltem Baum

2.3) in der Artenvielfalt der ausgewählten Bäume

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsflächen

Um die Forschungsfragen Teil 1 beantworten zu können, werden ganz besondere Versuchsflächen, sogenannte Marteloskopflächen zu Hilfe gezogen, bei denen die benötigten Daten bereits vorliegen:

- Anzahl der Mikrohabitate pro Baum
- Art der Mikrohabitate pro Baum
- Geldwert pro Baum
- Brusthöhendurchmesser (BHD)
- Baumart

Die Bezeichnung kommt von dem französischen Begriff *martelage* („Auszeichnung von Bäumen“) und dem griechischen Wort für schauen („skopein“). Dies soll verdeutlichen, dass die ausgezeichneten Bäume genauer betrachtet werden (Kraus *et al.* 2016b).

Marteloskope sind etwa 1 ha große Waldflächen, in denen jeder einzelne Baum nummeriert und in eine Karte eingetragen wurde (Schuck *et al.* 2015).

Jeder Baum auf der ausgewiesenen Fläche, mit einem Brusthöhendurchmesser von 7,5 cm oder höher, wird aufgenommen. Nach genauem Gutachten und Auswerten der aufgenommenen Daten, bekommt jeder Baum einen ökonomischen Wert, wie auch einen Habitatwert (ökologischer Wert) zugewiesen (Kraus *et al.* 2016b).

Um den Habitatwert für jeden Baum zu bestimmen, wird ein Mikrohabitatkatalog, der 64 verschiedene Kategorien von Mikrohabitaten umfasst, benutzt. Dieser umfasst saproxyliche Mikrohabitate, wie Spechthöhlen, Asthöhlen, Bohrlöcher, Stamm- und Kronenbruch, Totäste, etc. Zu den epixylichen Mikrohabitaten zählen unter anderem Krebse, Myxomyceten, Pilzfruchtkörper, Nester, etc. (Kraus *et al.* 2016a).

Jeder Baum wurde auf Mikrohabitate untersucht und je nach gefundenen Mikrohabitaten wird ein ökologischer Wert in Punkten bestimmt.

Zur Bestimmung des ökonomischen Wertes, werden Baumart, Dimensionen, Höhe und Kronenansatz aufgenommen (EFI European Forest Institute 2015). Am stehenden Baum wird (in den Freiburger Marteloskopen) die Güteklasse bestimmt, die vorhandenen Sortimente aufgenommen und mit den Holzpreisen auf regionaler Ebene bewertet. Außerdem werden die Kosten für motormanuelle Ernte, wie auch die Bringung mit

Forstspezialschlepper berechnet und somit ist auch der erntekostenfreier Erlös bekannt (Pyttel *et al.* 2018).

Um mit den erhobenen Daten Szenarien unterschiedlicher Durchforstungen oder Nutzungen zu testen, kann eine eigens für die Marteloskope entwickelte Software benutzt werden. Darin ist der Standort aller Einzelbäume und deren Kennnummer sichtbar. Zusammen mit dem Verhältnis des BHDs, der farblichen Unterscheidung der Baumarten, wird direkt die Verteilung und die Bestandeszusammensetzung ersichtlich (Pyttel *et al.* 2018).

Für die Auswahl der Marteloskope, wurden ausschließlich Flächen aus Süddeutschland (Baden-Württemberg und Bayern) ausgewählt. Dies ist damit begründet, dass das Alt- und Totholzkonzept und dessen Weiterentwicklung, die in dieser Arbeit untersucht werden, Projekte der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) sind.

Die Verwaltungsvorschrift Nachhaltige Waldwirtschaft von der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg bezieht sich ebenfalls nur auf Baden-Württemberg. Das Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement ist vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) für ganz Deutschland entworfen worden und damit können alle Programme in Baden-Württemberg angewendet werden. Damit beschränkt sich auch die Aussagekraft auf diesen Raum.

Um ein repräsentatives Bild zu schaffen, sind die Marteloskopflächen aus den vier relevantesten Waldtypen in Baden-Württemberg ausgesucht worden. Dies sind Fichten, Buchen, Eichen und Tannen (Kändler & Cullmann 2015). Um die entsprechenden Baumarten zu vertreten, wurden entsprechende Marteloskopflächen als Datengrundlage für diese Arbeit ausgewählt und in Tab. 1 zusammengestellt, wie auch nachfolgend kurz beschrieben.

Tab. 1: Übersicht der Marteloskopflächen sortiert nach Waldtyp, Fichte (in rot), Buche (in gelb), Eiche (in blau), Tanne (in grün), Baumartenverteilung (% am Vorrat) und Anzahl der Bäume pro Hektar

Name der Fläche	Waldtyp	Baumartenverteilung (% am Vorrat)	Anzahl der Bäume [N/ha]	Mittelwert BHD [cm]
Anhausen	Fichtenbestand mit beigemischtem Laubholz	83,9% Fichte, 13% Eiche, 3,1% aLH	832	27,3
Schiederhof 1	Fichtenbestand mit Buche und Tanne	77,6% Fichte, 11,7% Rotbuche, 7,5% Weißtanne	443	31,7
Behleneiche	Buche-Eiche mit Einzelbeimischung Nadelholz	66,3% Rotbuche, 19,7% Eiche, 7,5% Lärche	433	24,6
Klosterwald	Buchenwald mit Eiche	86% Rotbuche, 14% Eiche, 1% Lärche	431	25,2
Mooswald	Eichen-Hainbuchenwald	41,1% Stieleiche, 23,2% Esche, 17% Hainbuche	587	19,2
Sailershausen	Eiche	51% Traubeneiche, 41,6% Rotbuche, 7,4% aLH	235	34,5
Rosskopf	Tannenbestand mit Buche und Douglasie	51% Douglasie, 25% Buche, 21% Tanne	313	31,9
Dicker Busch	Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald	60,9% Weißtanne, 29,6% Fichte, 5,2% Rotbuche	453	25,2

Marteloskop Anhausen

Das Marteloskop Anhausen liegt im Freistaat Bayern. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Buchenwald. Es wurde 2020 eingerichtet und hat eine Fläche von 0,5 Hektar. Das Waldbild ist ein Fichtenbestand mit beigemischtem Laubholz und die Fichte dominiert mit 83,9% Anteil am Gesamtvorrat, gefolgt von der Eiche mit 13% und weiteren Laubbaumarten mit sehr geringem Anteil. Das Marteloskop hat (auf einem ganzen Hektar hochgerechnet) 832 Bäume pro Hektar. Der Habitatwert pro Hektar beträgt 706 Punkte (EFI European Forest Institute 2024a).

Marteloskop Schiederhof 1

Das Marteloskop Schiederhof 1 liegt in Bayern. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Hainsimsen-Rotbuchenwald. Es wurde 2023 eingerichtet und hat eine Fläche von 1 Hektar. Das Waldbild ist ein Fichten-Buchen-Tannen Bestand. Die Fichte dominiert mit 77,6% Anteil am Gesamtvorrat, gefolgt von der Rotbuche mit 11,7%, Weißtanne mit 7,5% und Lärche und Kiefer mit geringem Anteil. Es stehen 443 Bäumen auf der Fläche. Der Habitatwert pro Hektar beträgt 171 Punkte (EFI European Forest Institute 2024b).

Marteloskop Behleneiche

Das Marteloskop Behleneiche liegt in Baden-Württemberg. Es wurde 2020 eingerichtet und hat eine Fläche von 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Rotbuchenwald. Das Waldbild ist Buche - Eiche mit Einzelbeimischung Nadelholz. Die Rotbuche ist am häufigsten vertreten mit 66,3% Anteil am Gesamtvorrat, gefolgt von der Eiche mit 19,7%, Lärche mit 7,5%, Weißtanne mit 4,2%, Vogelkirsche, Kiefer, Esche mit geringem Anteil. Das Marteloskop ist mit 433 Bäumen bewachsen. Der Habitatwert pro Hektar beträgt 2.398 Punkte (EFI European Forest Institute 2024c).

Marteloskop Klosterwald

Das Marteloskop Klosterwald liegt in Ettenheim in Baden-Württemberg. Es besteht bereits seit 2015 und hat eine Fläche von 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Rotbuchenwald. Das Waldbild ist Buchenwald mit Eiche. Die Rotbuche dominiert mit einem 86% Anteil am Gesamtvorrat. Die Eiche ist am zweithäufigsten vertreten mit 14%. Die Lärche nimmt mit einem Anteil von 1% den geringsten Platz ein. Das Marteloskop ist mit 431 Bäumen bewachsen. Der Habitatwert pro Hektar beträgt 764 Punkte. Die häufigste Mikrohabitatstruktur ist das Vorkommen von Totästen und Kronenteilen, gefolgt von Rindenverlust und entblößtem Splintholz (EFI European Forest Institute 2024d).

Marteloskop Mooswald

Das Marteloskop Mooswald liegt in Freiburg im Breisgau in Baden-Württemberg und gehört der Stadt Freiburg. Es wurde 2014 eingerichtet und ist bereits 10 Jahre alt. Die Fläche beträgt 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Eichen-Hainbuchenwald. Die Stieleiche hat mit 41,1% den größten Anteil am Gesamtvorrat. Danach kommt die Esche mit 23,2%, Hainbuche mit 17%, Schwarzerle mit 7,7% und als Schlusslicht die Roteiche mit 4,3%. Geringfügig auch Traubenkirsche, Bergahorn, Flatterulme, Hasel und Winterlinde (Abb. 1). Das häufigste Mikrohabitat ist Totholz. Die Anzahl der Bäume auf der Fläche beträgt 587 Stück und der Habitatwert des gesamten Marteloskopes beträgt 5.657 Punkte (EFI European Forest Institute 2024e).



Abb. 1: Bestandesbild des Marteloskop Mooswald, geprägt von Stieleiche, Esche und Hainbuche, Aufnahme: 24.03.2024

Marteloskop Rosskopf (BW)

Das Marteloskop Rosskopf liegt Freiburg im Breisgau in Baden-Württemberg und gehört der Stadt Freiburg. Es wurde 2014 eingerichtet und die Fläche beträgt 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Rotbuchenwald. Die Douglasie hat mit 51% den größten Anteil am Gesamtvorrat. Knapp gefolgt von der Buche mit 25% und Tanne mit 21%. Obwohl die Douglasie über die Hälfte des Gesamtvorrats ausmacht, wird dieser Anteil von nur 33 Douglasien getragen. Mengenmäßig ist die Tanne mit 141 Stück und die Buche mit 135 Stück vertreten (Abb. 2). Das häufigste Mikrohabitat ist Totholz, gefolgt von Wurzelhöhlen. Die Anzahl der Bäume auf der Fläche beträgt 313 Stück und der Habitatwert des gesamten Marteloskopes beträgt 2.637 Punkte (EFI European Forest Institute 2024g).



Abb. 2: Bestandesbild des Marteloskop Rosskopf, geprägt von Douglasie, Buche und Tanne, Aufnahme: 24.03.2024

Marteloskop Sailershausen

Das Marteloskop Sailershausen liegt im Freistaat Bayern und gehört der Universität Würzburg. Es wurde 2021 eingerichtet und die Fläche beträgt 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Rotbuchenwald. Die Traubeneiche hat mit 51% den größten Anteil am Gesamtvorrat. Knapp gefolgt von der Rotbuche mit 41,8%. Sommerlinde, Elsbeere, Kiefer, Hainbuche, Hängebirke und Feldahorn haben geringfügige Anteile. Das häufigste Mikrohabitat ist Totholz, gefolgt von Höhlen. Die Anzahl der Bäume auf der Fläche beträgt 235 Stück und der Habitatwert des gesamten Marteloskopes beträgt 2.125 Punkte (EFI European Forest Institute 2024f).

Marteloskop Dicker Busch

Das Marteloskop Dicker Busch liegt im Schwäbisch-Fränkischen Wald (Baden-Württemberg) und ist ein Privatwald. Es wurde 2020 eingerichtet und die Fläche beträgt 1 Hektar. Die natürliche Waldgesellschaft ist ein Hainsimsen-Buchenwald. Das Waldbild setzt sich zusammen aus Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald mit beigemischtem Laubholz und Kiefer. Die Weisstanne hat mit 60,9% den größten Anteil am Gesamtvorrat. Gefolgt von der Fichte mit 29,6% und Rotbuche mit 5,2%. Das häufigste Mikrohabitat ist die Wurzelhöhle. Totholz dagegen ist das zweithäufigste Mikrohabitat. Die Anzahl der Bäume auf der Fläche beträgt 453 Stück und der Habitatwert des gesamten Marteloskopes beträgt 106 Punkte (EFI European Forest Institute 2024h).

2.2 Aufnahmeflächen

Um die Forschungsfragen Teil 2 beantworten zu können, müssen auf einer Fläche die Kriterien zur Ausweisung von Habitatbäumen angewendet werden. Dies wurde auf den Marteloskopflächen Mooswald und Rosskopf im Freiburger Stadtwald durchgeführt. Das Marteloskop Mooswald liegt auf einer Höhe von 215 Meter ü. M. und hat einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 860 mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 11,4 °C (EFI European Forest Institute 2024e). Die Fläche liegt westlich von Freiburg in der Nähe des Opfinger Sees und somit im Oberrheinischen Tiefland (Abb. 3). Das Marteloskop Rosskopf liegt auf einer Höhe 420 Meter ü. M. und hat einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 930 mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 10,5 °C (EFI European Forest Institute 2024e). Die Rosskopffläche liegt nördlich des Stadtteils Littenweiler, am Hang des Schwarzwaldes (Abb. 3).



Abb. 3: Darstellung der Lage der beiden Marteloskopflächen Mooswald (in gelb) und Rosskopf (in blau). Aufgenommen mit Apple Karten, am 21.03.2024

Wie in 2.1 schon beschrieben, ist das Marteloskop Mooswald ein Eichenmischwald, mit Stieleiche, Esche und Hainbuche (Abb. 1). Das häufigste Mikrohabitat ist Totholz.

Die Anzahl der Bäume auf der Fläche beträgt 587 Stück und der Habitatwert des gesamten Marteloskopes beträgt 5.657 Punkte und hat von den acht, als Datengrundlage benutzten Marteloskopen, den höchsten Wert (EFI European Forest Institute 2024e).

Das Marteloskop Rosskopf dagegen hat einen gesamten Habitatwert von 2.637 Punkten, und ist ein Wald geprägt von Douglasie, Buche und Tanne. Wie auch im Marteloskop Mooswald ist Totholz das häufigste Mikrohabitat. Es stehen 313 Bäume auf der Fläche (EFI European Forest Institute 2024g).

2.3 Auswahlkriterien für Habitatbäume

Um die Frage nach den Auswirkungen verschiedener Habitatbaumauswahlprogramme zu untersuchen, werden nachfolgend die Programme vorgestellt sowie Kriterien zur Habitatbaumauswahl dargestellt. Die Auswahlkriterien sind in Tab. 2 zusammengefasst.

2.3.1 Alt- und Totholzkonzept ForstBW

Das Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg (AuT) ist ein Projekt, das gemeinsam von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt sowie der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW entwickelt wurde. Es soll Totholz im gesamten Staatswald und als Ökosystemfunktion im Wald fördern. Damit soll Artenvielfalt, wie auch Vitalität der Wälder, begünstigt werden. Es werden Teile des Waldes langfristig aus der Bewirtschaftung genommen, um ein Geflecht von Flächen zu schaffen, deren natürliche Entwicklung ermöglicht wird. Ziel ist eine Menge von $> 30 \text{ m}^3$ Totholz (stehend und liegend) pro Hektar Wald. Als Instrumente dafür gibt es Waldrefugien und Habitatbaumgruppen (ForstBW 2016).

Waldrefugien

Waldrefugien sind Teile eines Bestandes und in der Regel ein bis drei Hektar groß. Sie werden bei der Forsteinrichtung ausgewiesen und danach sind nur noch kleine Maßnahmen zur Verkehrssicherung und dem Waldschutz möglich (FVA 2019).

Da in dieser Arbeit die Auswahl von Habitatbäumen im Vordergrund steht und Marteloskope mit jeweils einem Hektar Fläche als Datengrundlage benutzt werden, werden Waldrefugien hier der Vollständigkeit halber genannt, aber als Schutzelement bewusst vernachlässigt.

Habitatbäume

Es ist vorgesehen, dass eine Habitatbaumgruppe aus mindestens einem Baum mit auffälligen Habitatsstrukturen besteht. Dieser gilt als Ausgangspunkt für die Gruppe. Dazu gehören Höhlenbäume mit Spechthöhlen oder Höhlen, die durch das Verfaulen eines Astes entstanden sind, Bäume mit Verletzungen am Stamm (durch Stammfäulen, Pilze, Blitzschäden, Mulmhöhlen, gebrochene Zwiesel) oder Horstbäume, die Vogelarten oft lange besiedeln. Zudem werden Bäume, die ein bedeutend hohes Alter erreicht haben, wie auch Bäume mit sehr starkem Brusthöhendurchmesser ($\text{BHD} > 100 \text{ cm}$) dazu gezählt. Ein weiteres Kriterium wäre starker Bewuchs von Moos oder Flechten, Bäume, die

außergewöhnlich gewachsen sind in ihrer Form (Krümmung), wie auch stehende tote Bäume ab einem BHD > 40cm.

Wenn ein Habitatbaum als Kristallisationspunkt ausgewählt ist, wird eine Gruppe von etwa 15 Bäumen (Mittelwert) der (vor-) herrschenden bis mitherrschenden Bäume, je drei Hektar ausgewiesen. Die Bäume um den ausgewählten Habitatbaum haben keine BDH Begrenzung und können auch tot sein. Diese Gruppenausweisung schützt die signifikanten Einzelbäumen vor möglichen Schäden durch Freistellung und die Struktur des Habitats bleibt, trotz Bewirtschaftung des nicht ausgewiesenen Teil des Bestandes, möglichst lange bewahrt. Der Vorteil der Ausweisung einer Gruppe im Vergleich zu verteilten Einzelbäumen zeigt sich auch in der Arbeitssicherheit im Wald, da die Gefährdungsfläche kleiner ist. In jüngeren Beständen ist die Ausweisung älterer Baumgruppen, Altholzreste, auffällige Wuchsformen oder schlecht gewachsene Baumgruppen als HBG möglich.

Um die Verkehrssicherung zu berücksichtigen, ist der Abstand von ausgewählten Bäumen zu Orten, die eine erhöhte Verkehrssicherungspflicht fordern, von einer Baumlänge einzuhalten (ForstBW 2016).

2.3.2 Weiterentwicklung AuT ForstBW

Die AuT-Praxishilfe „Steuerung der Habitatbaumgruppen-Ausweisung im Staatswald Baden-Württemberg“, ist eine Weiterentwicklung des Alt- und Totholzkonzept Baden-Württembergs (AuT_we), wie auch den vorhandenen Praxishilfen. Es beruht auf der 13-jährigen Erfahrung der Anwendung des AuT-Konzepts. Aufgrund des hohen Anspruchs der Verkehrssicherung in Erholungswäldern in städtischen Gebieten (Stufe 1a), sind in diesen Beständen, anstelle einer HBG je drei Hektar, nur noch eine HBG je sechs Hektar vorgesehen. Statt der Bindung an die Baumzahl von etwa 15 Stück pro HBG, wird in Zukunft ein Flächenziel verfolgt. Dies liegt bei ca. 750 m² pro HBG, was einem Radius, um den artenschutzrechtlich wichtigen Baum mit vorhandenen Mikrohabitaten/Strukturen, von 15,50 Metern entspricht. Damit ist eine Mindestgröße der HBG sichergestellt, die der Beschaffenheit des Bestandes unabhängig ist. Die HBG muss mindestens einen Baum mit BHD > 50 cm beinhalten. Bei den Kriterien für die Auswahl eines potentiellen Habitatbaumes als Ausgangspunkt gibt es keine Unterschiede (FVA 2023).

2.3.3 Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft

Das Land Baden-Württemberg hat mit der "Nachhaltigen Waldwirtschaft - Waldnaturschutzförderung" (NWW) eine forstwirtschaftliche Fördermaßnahme auf den Weg gebracht, die sich vor allem gegen den Verlust der ökologischen Artenvielfalt richtet. Gefördert werden freiwillige Maßnahmen zur Bewahrung und Verbesserung der Biodiversität im Kommunal- und Privatwald. Ziel ist es, dass Kommunen und Privatwaldbesitzer:innen durch die Förderung den freiwilligen Nutzungsverzicht bestimmter Elemente in ihrem Wald in Betracht ziehen (MLR 2020).

Dabei wird auch die Bewahrung und Einrichtung von Habitatbaumgruppen unterstützt. Zu einer ausgewiesenen HBG dürfen nicht mehr als 15 Bäume zählen. Davon können bis zu neun Bäume als Habitatbaum gelten und sechs sogenannte Umgebungsbäume. Ein Umgebungsbaum muss einen Durchmesser von mindestens 30 cm (auf 1,30m Höhe) haben. Diese 30 cm gelten für Umgebungsbäume jeglicher Baumart (LFV 2020). Bei den Habitatbäumen dagegen ist ein baumartenspezifischen Mindestdurchmesser einzuhalten (Anhang 1).

Neben dem BHD spielen bei den Habitatbäumen noch vorhandene Mikrohabitate eine Rolle um als förderfähig zu gelten. Hierzu zählen unter anderem Höhlen, faule Stellen, Kronenbruch, Pilzkonsolen und Andere. Die Mikrohabitate die als naturschutzfachlich wertgebend gelten, sind im Merkblatt - Erhalt und Entwicklung von Habitatbaumgruppen Anlage 1 der Landesforstverwaltung BW aufgelistet und hier in Tab. 2, zusammen mit den passenden Mikrohabitat-Code aus dem Katalog für Baummikrohabitate von Kraus et al. 2016a, dargestellt.

Es darf zudem keine Verkehrssicherungspflicht für die Habitatbaumgruppe vorliegen und für eine gegebene Abgrenzung für störungsempfindliche Arten muss zum nächsten angrenzenden Weg ein Abstand von 50 Metern eingehalten werden. Pro Habitatbaumgruppe wird höchstens ein Habitatbaum aus stehendem Totholz in der Förderung berücksichtigt. Wenn bei der Fichte als Habitatbaum ein gesteigertes Waldschutfrisiko besteht, darf diese nicht ausgewählt werden. Das liegt daran, dass, damit die Förderung greift, eine Bindung von 20 Jahren für die Habitatbaumgruppe gilt. Es darf weder aktiv ein Baum aus der Gruppe gefällt, noch auf der Fläche der Gruppe neue Bäume gepflanzt werden. Stirbt ein Baum in dieser Zeit eines natürlichen Todes, verbleibt das Totholz im Wald (LFV 2020).

2.3.4 Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement

Das „Klimaangepasste Waldmanagement“ (KWM) ist ein Programm des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Leistungen zum Klimaschutz und der Biodiversitätsverbesserung. Das Programm definiert einen Habitatbaum als „[...] lebender oder toter, stehender Baum der mindestens ein Mikrohabitat trägt.“ (BMEL (2022b), Richtlinie für Zuwendungen zu einem klimaangepassten Waldmanagement vom 28. Oktober 2022, Anlage 2.2.8, Habitatbaum)

Mikrohabitate sind hierbei kleine oder separate Lebensräume an den Bäumen, wie Höhlen, Efeubewuchs, Flechten, etc.. In Bezug zur Förderung der Auswahl solcher Bäume, müssen mindestens fünf Habitatbäume oder Habitatbaumanwärter (Bäume bei denen sich ein Mikrohabitat in Entwicklung befindet) pro Hektar ausgewählt werden. Im Vergleich zu anderen Programmen, gibt es beim Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement keine Vorgaben bei dem Alter und der Dimension der Bäume. Es sollen lediglich die ökologisch besseren Bäume bevorzugt werden. Nach der Auswahl und entsprechender Markierung bleiben die Habitatbäume bis zu ihrer natürlichen Zersetzung im Wald (BMEL 2022a).

Tab. 2: Übersicht über die Kriterien der Auswahlprogramme Alt- und Totholzkonzept (AuT), Weiterentwicklung Alt- und Totholzkonzept (AuT_we), Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft (NWW) und das Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement (KWM), für einen potentiellen Habitatbaum, mit Mikrohabitatcode

	AUT	AUT_WE	NWW	KWM
Mikrohabitate	<p>ein Baum mit einer besonderen Habitatstruktur</p> <p>(ein oder mehrere Mikrohabitate aus dem Katalog für Baum-mikrohabitate von Kraus et al. 2016a)</p>	<p>ein Baum mit einer besonderen Habitatstruktur</p> <p>(ein oder mehrere Mikrohabitate aus dem Katalog für Baum-mikrohabitate von Kraus et al. 2016a)</p>	<p>ein Baum mit einem dieser Mikrohabitate, aus Kraus et al. 2016a</p> <p>Höhle (insbesondere Specht und nach Astabbruch) CV11, CV12, CV13, CV14, CV15, CV31, CV32, CV33, CV41, CV42, CV43, CV44, GR11, GR12, GR13, CV51, CV52</p> <p>Mulmhöhle CV21, CV22, CV23, CV24, CV25, CV26</p> <p>freiliegender Holzkörper (flächig, über 600 cm² – DIN A4), Faulstelle (flächig, über 600 cm² – DIN A4) IN12, IN14</p>	<p>ein lebender oder toter Baum mit einem oder mehrere Mikrohabitate aus dem Katalog für Baum-mikrohabitate von Kraus et al. 2016a)</p>

<p>Mikrohabitate</p>			<p>Kronenbruch (Stamm, Starkast mit freiliegendem Holzkörper über 300 cm² – DIN A5) IN 21, IN22, IN23</p> <p>Rindentaschen BA11, BA12</p> <p>Kronentotholz (über ein Drittel der Krone) DE12, DE14</p> <p>bizarre Wuchsform (insbesondere Wucherung, außergewöhnliche Mehrstämmigkeit, extreme Starkastigkeit) GR31, GR32</p> <p>Bewuchs (starker Bewuchs insbesondere von Moosen, Flechten, Efeu, oder Bewuchs mit seltenen oder geschützten Arten) GR21, GR22</p> <p>Horst (Mittel- oder Großhorst) NE11</p> <p>Pilzkonsolen Saftflussstellen (insbesondere bei der Eiche) EP11, EP12, EP13, EP14, EP21, EP31, EP32, EP33, EP35, OT11, OT12</p> <p>Uraltbaum (Methusalem)</p> <p>Alpen- oder Heldbockspuren (Bohrlöcher, Fraß)</p>	
<p>Tote Bäume</p>	<p>stehend</p>	<p>stehend</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>BHD</p>	<p>keine Festlegung</p> <p>zusätzlich Bäume mit BHD > 100cm</p> <p>Tot mit BHD > 40cm</p>	<p>keine Festlegung</p> <p>zusätzlich Bäume mit BHD > 100cm</p> <p>Tot mit BHD > 40cm</p>	<p><i>Quercus robur</i> 80cm <i>Quercus petraea</i> 80cm <i>Quercus</i> 80cm</p> <p><i>Fagus sylvatica</i> 65cm <i>Fagus</i> 65cm <i>Fraxinus excelsior</i> 65cm <i>Acer pseudoplatanus</i> 65cm <i>Acer platanoides</i> 65cm <i>Carpinus betulus</i> 65cm <i>Quercus rubra</i> 65cm <i>Juglans regia</i> 65cm <i>Betula</i> 65cm <i>Betula pendula</i> 65cm <i>Alnus glutinosa</i> 65cm <i>Tilia</i> 65cm</p>	<p>keine Festlegung</p>

<p>BHD</p>			<p><i>Tilia cordata</i> 65cm <i>Tilia platyphyllos</i> 65cm <i>Salix</i> 65cm <i>Abies Alba</i> 65cm</p> <p><i>Picea</i> 60cm <i>Picea abies</i> 60cm <i>Larix decidua</i> 60cm</p> <p><i>Pinus sylvestris</i> 50cm</p> <p><i>Sorbus torminalis</i> 40cm <i>Prunus avium</i> 40cm <i>Acer campestre</i> 40cm <i>Ulmus leavis</i> 40cm</p> <p><i>Auf den Flächen nicht vorkommend, aber zulässig:</i> (<i>Castanea sativa</i> 65cm) (<i>Populus tremula</i> 65cm) (<i>Populus nigra</i> 65cm) (<i>Quercus cerris</i> 40cm) (<i>Taxus</i> 40cm) (<i>Sorbus aria</i> 40cm) (<i>Malus sylvestris</i> 40cm) (<i>Pyrus pyraeaster</i> 40cm) (<i>Sorbus demestica</i> 40cm) (<i>Sorbus aucuparia</i> 40cm)</p>	
<p>Baum- arten</p>	<p>alle</p>	<p>alle</p>	<p>siehe „BHD“</p>	<p>alle</p>

2.4 Feldaufnahme

Um den zweiten Teil der Forschungsfragen beantworten zu können, müssen auf einer Fläche die Kriterien zur Ausweisung von Habitatbäumen, angewendet werden. Dies wurde auf den Marteloskopflächen Mooswald und Rosskopf im Freiburger Stadtwald durchgeführt, die in 2.2 vorgestellt wurden. Zur Ausweisung der Habitatbäume, wurden die in 2.3 herausgearbeiteten Kriterien zur Ausweisung von potentiellen Habitatbäumen benutzt.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen, mussten vor Ort keine weiteren Daten aufgenommen werden, es musste lediglich die Gruppe an Bäumen je Programm bestimmt und aufgenommen werden. Beim AuT erfolgte dies mit dem Ausweisen eines Baumes, mit einem besonders hohen Mikrohabitatvorkommen und passenden Bäumen in der Umgebung. Dazu wurden die vorliegenden Daten über das Mikrohabitatvorkommen der Bäume zu Hilfe genommen, aber auch die Lage des Baumes im Bestand, bezüglich schützenswerter Nachbarn, berücksichtigt. Dabei wurde händisch und mit einem Fernglas nach Mikrohabitaten, aus dem Katalog der Baummikrohabitate von Kraus et al. (2016a,) gesucht. Danach erfolgte die Festlegung der Gruppe und Aufnahme der Baumnummern. Beim AuT_{we} wurde derselbe Ausgangsbaum ausgewählt, aber statt einer festen Baumzahl, wurde für die Habitatbaumgruppe alle Bäume um den Ausgangsbaum aufgenommen, welche sich in einem Radius von 15,5m befanden. Der Radius wurde mit Schritten abgemessen und bei Grenzbäumen mit dem Maßband kontrolliert. Da das Programm KWW, wie in 2.3 beschrieben, wenig Anforderungen an Habitatbäume hat, wurden hier, nach händischer Beurteilung auf Mikrohabitate, wie auch anhand der vorliegenden Daten, fünf ökologisch wertvolle Habitatbäume ausgewählt. Für das Programm NWW wurden aus den Bäumen, die den Kriterien des Programms entsprechen, von maximal neun möglichen Habitatbäumen acht in dem Marteloskop Mooswald und fünf auf dem Marteloskop Rosskopf ausgewählt. Anschließend wurden noch etliche Umgebungsbäume notiert, die danach in Exel auf das Kriterium BHD > 30 cm gefiltert und zutreffende nachträglich ausgewählt wurden.

2.5 Statistische Analyse

2.5.1 Filtern der Daten

Um die Forschungsfragen zu beantworten, werden folgende Daten aus der zusammengeführten Tabelle mit allen Baumdaten aus allen Versuchsflächen benötigt:

Die Anzahl der Bäume pro Auswahlprogramm, die den Kriterien als potentiellen Habitatbaum entsprechen. Aus diesen gefilterten Bäumen, werden dann die Mikrohabitate pro Baum benötigt, sowie auch der ökonomische Wert jedes ausgewählten Baumes. Zuletzt ist noch die Baumart und BHD der potentiellen Bäume wichtig. Der ökonomische Wert jeden Baumes, wie auch die Baumart, sind ohne weitere Filterung aus der vorliegenden Tabelle auszulesen.

Das Filtern durch die Anwendung der Kriterien je Programm, erfolgte für alle Marteloskopflächen auf einmal, als wären alle acht Flächen eine gesamte Fläche und nach den in Tabelle 2 dargestellten Kriterien. Bei der Filterung nach den Kriterien des Alt- und Totholzkonzeptes, wurde als erster Schritt die Anzahl der Mikrohabitate, die ein einzelner Baum besitzt mit der Summenformel in Excel zusammengezählt und damit die Tabelle um eine Spalte mit den Ergebnissen dieser Formel erweitert, um die gesamte Anzahl der Mikrohabitate je Baum zu kennen. Damit haben sich dann die lebenden Bäume herausfiltern lassen, die keine Mikrohabitate besitzen und nicht als Habitatbaum in Frage kommen. Danach wurden die toten Bäume mit einem BHD > 40cm nach Mikrohabitaten gefiltert und zu der Tabelle mit den Ergebnissen der ersten Filterung hinzugefügt. Um noch die Bäume mit einem BHD > 100cm, aber ohne Mikrohabitate zu finden, wurde die Tabelle nach dem BHD gefiltert. Dabei wurden acht Bäume die einen BHD > 100cm haben, gefunden. Da aber jeder dieser Bäume bereits eins oder mehr Mikrohabitate aufweist, wurden die Bäume schon in der ersten Filterung erfasst und nicht erneut zu der Ergebnis-Tabelle hinzugefügt, um ungewollte Dopplungen zu vermeiden. Zur Sicherheit wurde nach dem Filtern trotzdem mit der Funktion „Duplikate entfernen“, die Tabelle bereinigt, wobei aber kein Duplikat gefunden wurde.

Die Filterung nach den Kriterien der Weiterentwicklung des Alt- und Totholzkonzeptes lief aufgrund identischer Kriterien genau gleich ab.

Um die potentiellen Habitatbäume des Förderprogramms Klimaangepasstes Waldmanagement zu finden, wurden nach dem addieren der Mikrohabitate pro Baum mit der Summenformel, die Spalte mit den Ergebnissen, nach den lebenden und toten Bäumen mit dem Ergebnis > 0 gefiltert. Damit entfallen in der Tabelle alle Bäume, bei denen die Summe der Mikrohabitate Null ist und das Filtern ist beendet.

Von allen Auswahlprogrammen, hat das Programm Nachhaltige Waldwirtschaft - Waldnaturschutzförderung, die meisten Kriterien. Der Mikrohabitatkatalog von Kraus *et al.* (2016) umfasst 64 verschiedenen Arten von Mikrohabitaten. Davon tauchen 59 in der Tabelle mit allen Marteloskopdaten auf, wovon alle in den Programmen berücksichtigt wurden, da keines der Programme bisher die Art der Mikrohabitate näher spezifiziert hat. Das Förderprogramm NWW tut dies jedoch und berücksichtigt nur Sonderstrukturen nach Ziffer 8.6.2 der VwV NWW (MLR 2020), die auch in Tab. 2 aufgelistet sind. Zudem wird auch die Baumartenauswahl eingeschränkt und jede Baumart hat einen zugewiesenen Mindestdurchmesser. Der erste Schritt für das Filtern war, die Spalten mit den Mikrohabitaten, die nicht gültig sind, zu löschen. Danach wurde wieder die Summe der Mikrohabitate mit der Summenformel zusammengerechnet und die Bäume bei denen die Summe aller Mikrohabitate 0 war entfernt. Als nächster Schritt wurden nur die in der Verwaltungsvorschrift vorkommenden Baumarten nach dem BHD gefiltert und jeweils die entsprechenden Baumspalten entfernt, die bei der bestimmten Baumart den Mindestdurchmesser nicht erreicht haben.

2.5.2 SPSS Methoden

Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS Statistics von IBM (Version 29.0.2.0 (20)). Für jeden folgenden Test wird ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ angenommen. Zunächst wurde für jede Fragestellung der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt, um die Normalverteilungsannahme zu prüfen. Bei einem signifikanten Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests ($p < 0.05$) ist eine Verletzung der Normalverteilungsannahme der Daten bestätigt, was bei allen untersuchten Daten zutraf. Dies beeinflusste die Auswahl von weiteren Tests.

Zur Untersuchung der Fragestellungen wurde aus diesem Grund der Kruskal-Wallis-Test verwendet, da dieser Test eine nicht-parametrische Alternative zur ANOVA darstellt, welcher weder eine Normalverteilung der Daten, noch Homoskedastizität voraussetzt. Er untersucht Gruppenunterschiede (bei drei oder mehr unabhängige Gruppen) hinsichtlich der zentralen Tendenz (Conover, 1999). Bei einem signifikanten Ergebnis ($p < 0.05$) des Kruskal-Wallis-Test weist die zentrale Tendenz von min. zwei Gruppen signifikante Unterschiede auf. Um herauszufinden, zwischen welche Gruppen signifikante Unterschiede bestehen, wird im letzten Schritt ein Post-Hoc-Tests durchgeführt, den Dunn-Bonferroni Test. Zur Untersuchung der Artenvielfalt wurde der Simpson-Index und der Shannon-Index verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Forschungsfragen Teil 1

3.1.1 Anzahl der potentiellen Habitatbäume

Nach Filtern der Excel-Tabelle nach den habitatbaumfähigen Bäumen pro Programm, anhand der Tab. 2, ist zu erkennen, dass mit dem Programm NWW 44 Bäume als potentielle Habitatbäume in Frage kommen. Die Programme AuT_we und AuT erreichten die gleiche Anzahl an potentiellen Habitatbäume mit 944 (Abb. 4). Die meisten Bäume (insgesamt 982 Bäume) wurden im Programm KWM ausgesucht.

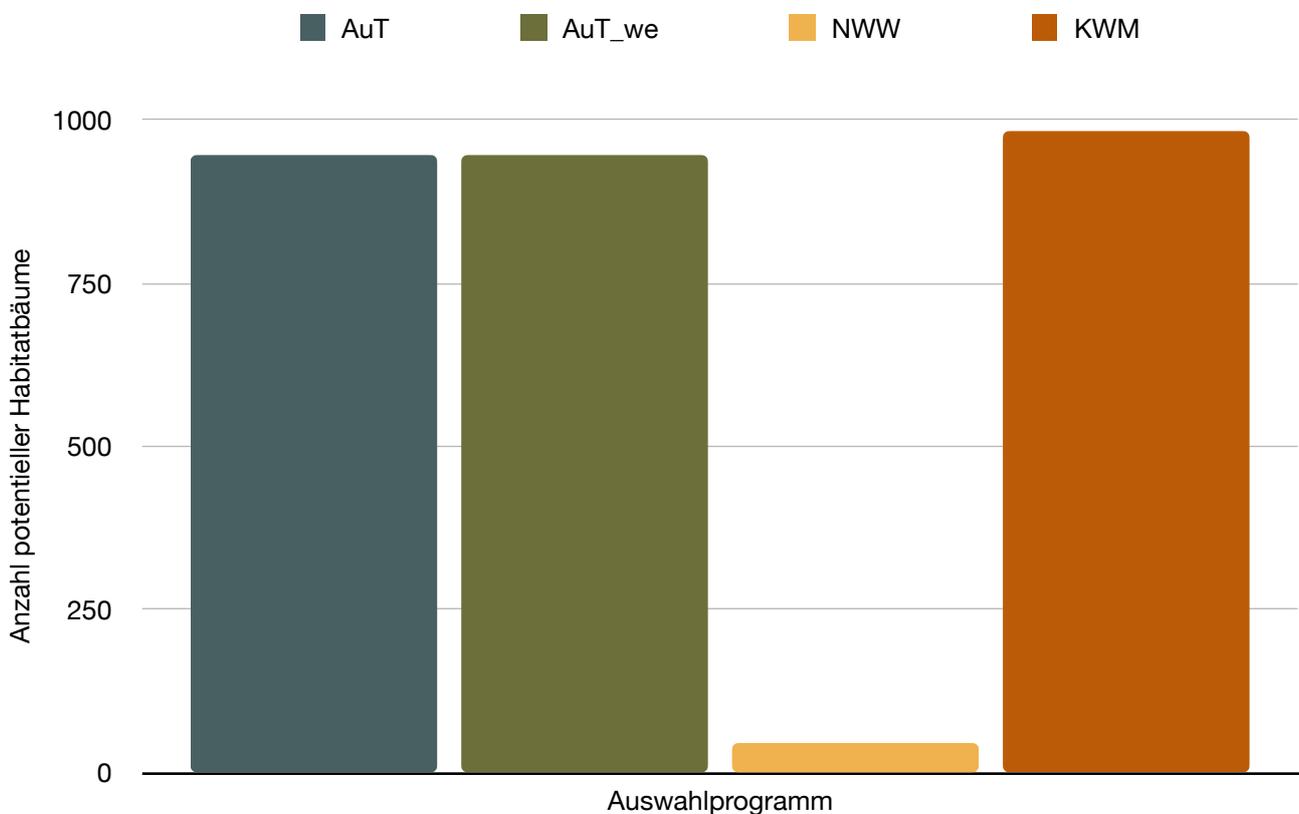


Abb. 4: Anzahl der gesamten potentiellen Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf allen acht Versuchsflächen

Deskriptiv lässt sich feststellen, dass eine große Diskrepanz bezüglich der Anzahl von ausgewählten Habitatbäumen zwischen NWW und den anderen Programmen KWM, AuT_we und AuT besteht. Das Programm NWW wählt deutlich weniger Bäume als potentiellen Habitatbaum aus, so hat NWW nur 4,5% der Bäume ausgewählt, die das Programm KWM auswählte. Der Unterschied zwischen KWM und AuT_we und AuT ist dagegen nicht derart groß. AuT_we und AuT wählten 96,1% so viele Bäume aus wie das Programm KWM (Tab. 3).

Tab 3: Übersicht über die Anzahl der Habitatbäume (N) pro Auswahlprogramm und die fehlenden Bäume verglichen mit der gesamten Anzahl

Auswahlprogramm	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
NWW	44	4.5%	938	95.5%	982	100.0%
KWM	982	100.0%	0	0.0%	982	100.0%
AuT_we	944	96.1%	38	3.9%	982	100.0%
AuT	944	96.1%	38	3.9%	982	100.0%

3.1.2 Anzahl der Mikrohabitate je ausgewähltem potentiellen Habitatbaum

Die deskriptive Untersuchung der Daten lässt schon eine Tendenz erahnen: Während der Median sowie der Mittelwert des NWW ($NWW_{MED} = 3$; $M = 3,57$) höher ist als der Median und Mittelwert von KWM ($KWM_{MED} = 1$; $M = 2.09$), AuT_we ($AuT_we_{MED} = 1$; $M = 2.06$) und AuT ($AuT_{MED} = 1$; $M = 2.06$), unterscheiden sich die drei Programme untereinander nur sehr geringfügig hinsichtlich der zentralen Lageparameter (s. Abbildung 4 & Anhang 3, Tab.1).

Für die Untersuchung der Fragestellung, ob sich die Programme statistisch signifikant voneinander unterscheiden hinsichtlich der Anzahl von Mikrohabitate (pro ausgewähltem Habitatbaum), wurden die Daten je Gruppe zunächst auf Normalverteilung untersucht mit dem Shapiro-Wilk-Test. Der Test wies ein signifikantes Ergebnis auf ($p < .001$), das bedeutet, dass eine Verletzung der Normalverteilung vorliegt.

Mit dem Kruskal-Wallis-Test konnte gezeigt werden, dass sich mindestens zwei Gruppen hinsichtlich der zentralen Tendenz voneinander signifikant unterscheiden ($p < .001$). Der anschließende Post-hoc Test (Dunn-Bonferroni Test, Anhang 3, Tab. 2) zeigte signifikante Unterschiede zwischen NWW und den anderen drei Programme KWM ($p < .001$), AuT_we ($p < .001$) und AuT ($p < .001$). Das bedeutet, dass sich NWW signifikant in der zentralen Tendenz von KWM, AuT_we und AuT unterscheidet. Es lässt sich sagen, dass, obwohl NWW deutlich weniger Bäume als potentielle Habitatbäume ausgewählt hat (s. Kapitel 3.1.1.), die Anzahl der Mikrohabitate pro ausgewähltem Baum signifikant höher ist als bei den anderen Programmen.

3.1.3 Unterschiede bezüglich des Holzwertes der potenziellen Habitatbäume

Die deskriptive Analyse der Holzwerte von potenziellen Habitatbäume (je Programm) lässt die gleiche Tendenz erkennen, wie schon zuvor im Kapitel 3.1.2. (Anhang 3, Tab. 3)

Der ökonomische Wert (Holzwert) von den Programmen KWM, AuT_we und AuT zeigen nur minimale Unterschiede zueinander. Die Mediane und Mittelwerte des Holzwertes von AuT_we ($AuT_we_{MED} = 28,65$; $M_{AuT_we} = 137,41$) und AuT ($AuT_{MED} = 28,65$; $M_{AuT} = 137,41$) sind identisch. Der Median des Programms KWM ist geringfügig kleiner als bei beiden AuT-Konzepten ($KWM_{MED} = 25,56$), ebenso ist dies bei dem Mittelwert erkennbar ($M_{KWM} = 132,28$). Rein deskriptiv lässt sich sagen, dass der mittlere Holzwert eines potentiellen Habitatbaumes und Median mit dem Programm NWW deutlich höher ist ($NWW_{MED} = 734,58$; $M_{NWW} = 816,60$), verglichen mit den übrigen Konzepten.

Untersucht wurde die Frage, ob sich die ermittelten Holzwerte je Habitatbaum durch das unterschiedliche Vorgehen der Konzepte signifikant unterscheiden. Das signifikante Ergebnis des Shapiro-Wilk Tests zeigte eine Verletzung der Normalverteilungsannahme der Daten an ($p < .001$). Mit dem Kruskal-Wallis Test lässt sich ein signifikanter Unterschied der Programme hinsichtlich der zentralen Tendenz feststellen ($p < .001$). Der Dunn-Bonferroni Test (Anhang 3, Tab. 4) bestätigt, die zuvor beobachtete Tendenz der Daten in der deskriptiven Untersuchung und im Kapitel 3.1.2. Das Programm NWW zeigte statistisch bedeutsame Unterschiede in Bezug auf die abhängige Variable im Vergleich zu den anderen drei Gruppen, während sich KWM, AuT_we und AuT nicht signifikant voneinander unterscheiden. Es lässt sich also erfassen, dass NWW signifikant höhere Holzwerte je Habitatbaum ermittelt.

3.1.4 Unterschiede in der Artenvielfalt der potentiellen Habitatbäume

Der Shannon Index beträgt für alle potentiellen Habitatbäume des AuT $H \approx 2.496$ und zeigt, dass die Kriterien des AuT, eine diverse Mischung an Baumarten als potentiellen Habitatbaum zulässt und keine Art durch die Kriterien des Programms bevorzugt wird. Da sich die Kriterien des AuT und AuT_we in der potentiellen Habitatbaumauswahl nicht unterscheiden, sind auch alle ausgewählten Kandidaten gleich, ergo auch der Shannon-Index. Beim Programm KWM ergab der Shannon-Index $H \approx 2.504$. Es gibt kaum Unterschiede in der Anzahl der Individuen und in der Vielfalt der Arten zu AuT und AuT_we. Das Programm NWW dagegen, lässt weniger Arten zu als die anderen drei Auswahlprogramme und ist weniger divers. Darauf lässt der Wert $H \approx 1.518$ schließen.

Der Simpson Index für die potentiellen Habitatbäume des AuT beträgt $D \approx 0.985$ und zeigt damit eine sehr hohe Diversität an Baumarten, welche als potentieller Habitatbaum ausgewählt werden können. Zudem dominiert keine einzelne Baumart in dem untersuchten Gebiet. Da die Kriterien für die potenziellen Habitatbäume sich beim AuT und beim AuT_we nicht unterscheiden und deswegen die gleichen Bäume potentiell möglich sind, ist auch der Simpson Index der gleiche und es bestehen keine Unterschiede. Die Programme unterscheiden sich erst in ihrer Methode der Ausweisung der Habitatbaumgruppen. Die Diversität der Artenvielfalt der potentiellen Habitatbäume ist auch bei dem Programm KWM sehr hoch. Der Simpson-Index beträgt $D \approx 0.987$ und liegt damit knapp über dem von AuT und von AuT_we. Das Programm NWW hat einen Simpson-Index von $D \approx 0.769$ und hat damit die niedrigste Diversität an Baumarten von allen vier Programmen.

3.2 Forschungsfragen Teil 2

3.2.1 Unterschiede bei der Anzahl ausgewiesener Bäume

Mooswald

Nach dem Ausweisen der Habitatbäume auf dem Marteloskop Mooswald, ist zu erkennen, dass mit dem Programm KWM fünf Bäume als Habitatbäume ausgewählt wurden. Davon gefolgt ist das NWW Programm mit neun Bäumen. Für das Programm AuT wurden 15 Bäume als Habitatbaumgruppe ausgewählt. Am meisten Bäume fielen bei dem Programm AuT_we an mit 17 Stück (Abb. 5).

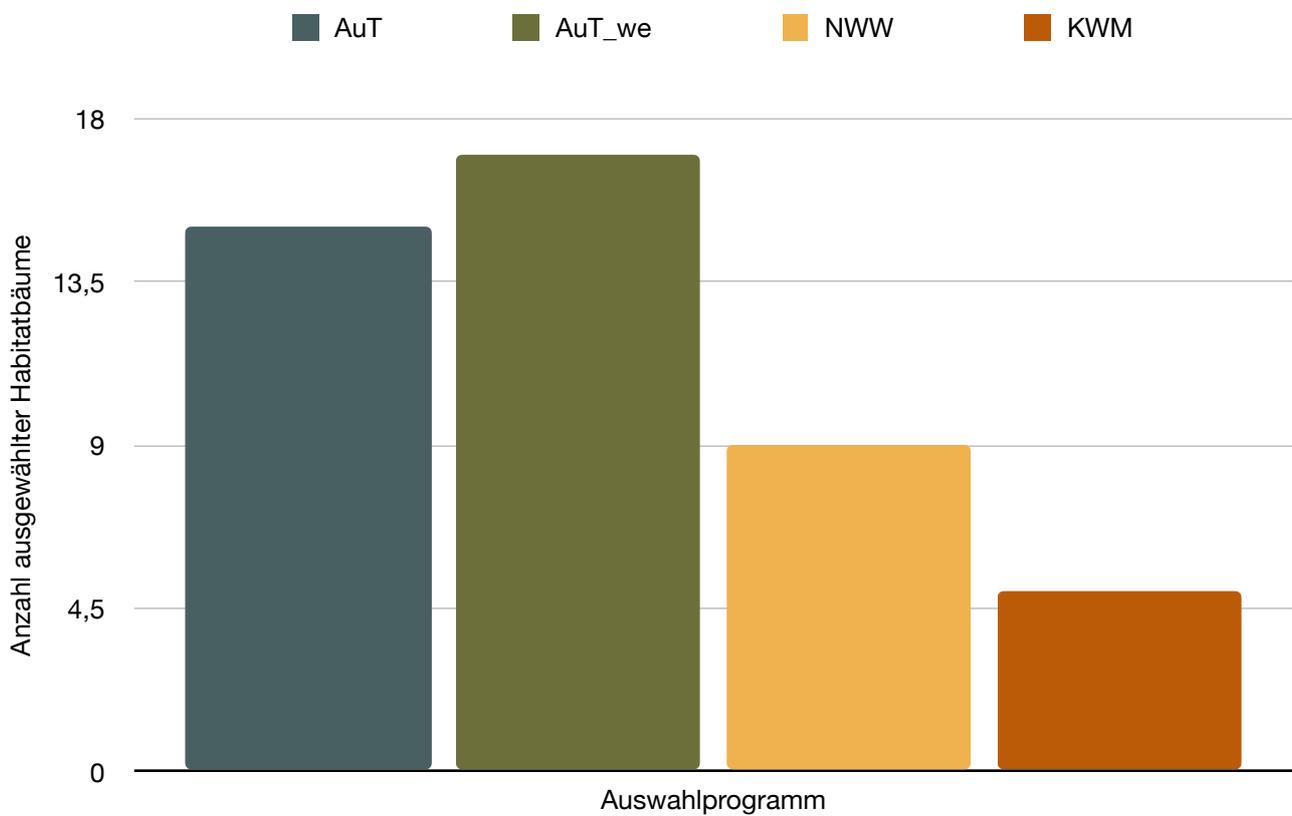


Abb. 5: Anzahl der ausgewählten Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf der Fläche Mooswald

Rosskopf

Auf der Rosskopffläche wurden wieder 15 Bäume beim AuT ausgewählt. Dann 11 beim AuT_we und jeweils 5 bei den Programmen NWW und KWM (Abb. 6).

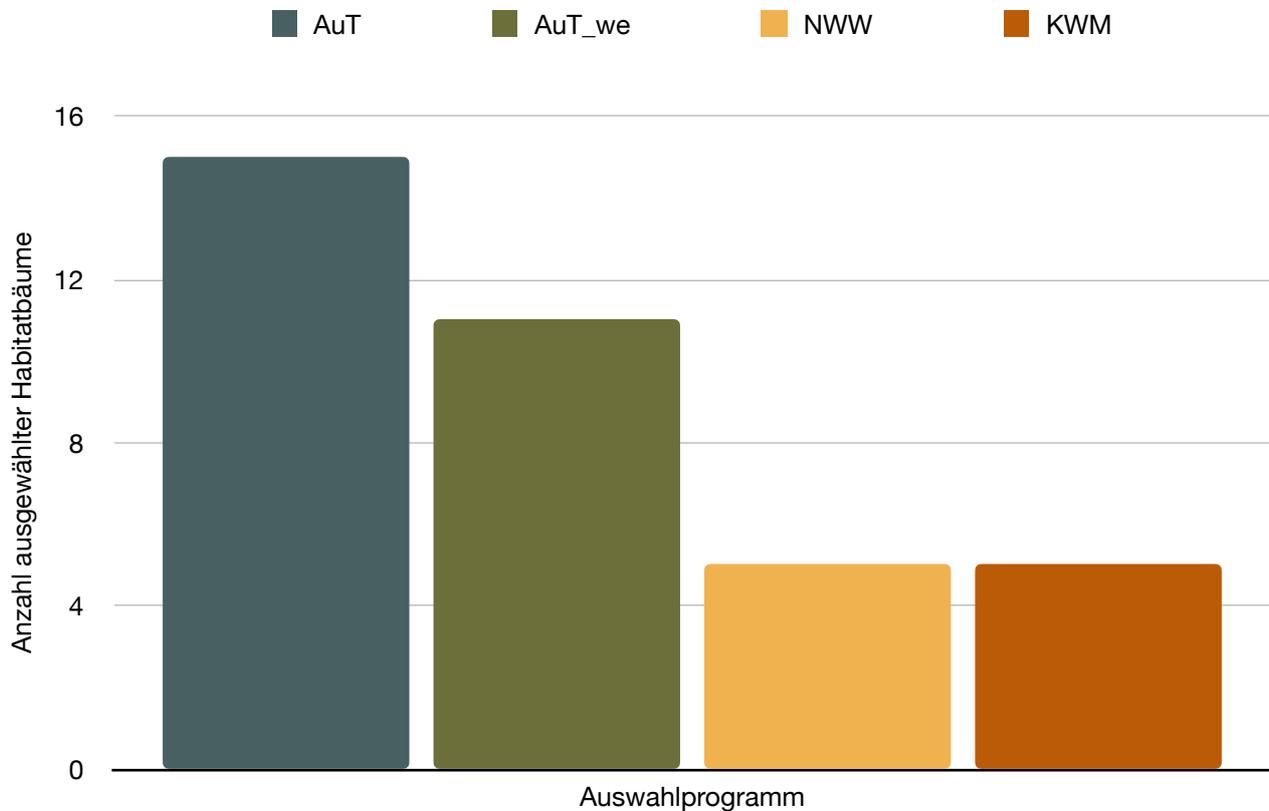


Abb. 6: Anzahl der ausgewählten Habitatbäume pro Auswahlprogramm, auf der Fläche Rosskopf

3.2.2 Unterschiede bei der Anzahl der Mikrohabitate

Mooswald

Anders als im Kapitel 3.1.2, zeichnet sich ab, dass in der praktischen Umsetzung der Konzepte es nicht nur Unterschiede zwischen NWW und den anderen drei Vorgehen gibt, sondern dass sich die Anzahl der Mikrohabitate je Habitatbaum von Programm zu Programm deskriptiv unterscheiden (Anhang 3, Tab. 5). Anders als in der Theorie, weisen AuT ($AuT_{MED} = 1$; $M_{AuT} = 4,40$) und AuT_we ($AuT_we_{MED} = 0$; $M_{AuT_we} = 2,06$) nicht mehr den gleichen Mittelwert und Median auf. Während die Werte von KWM und AuT wie auch AuT_we noch relativ vergleichbar waren, ist der Median sowie Mittelwert für die Anzahl der Mikrohabitate, ausgewählt durch das Programm KWM ($KWM_{MED} = 14$; $M_{KWM} = 13,70$), höher als bei der Umsetzung des AuT und AuT_we. Die durchschnittliche Anzahl der Mikrohabitate von potentiellen Habitatbäumen nach NWW liegt bei 7,89 und der Median bei 9 ($NWW_{MED} = 9$; $M_{NWW} = 7,89$).

Der Shapiro-Wilk Test deutet auf eine Verletzung der Normalverteilungsannahme hin ($p < .001$). Ob die mittleren Tendenzen, welche deskriptiv zuerst verglichen wurden, sich auch statistisch signifikant voneinander unterscheiden, zeigte der Kruskal-Wallis Test. Dieser weist ein signifikantes Ergebnis auf ($p < .001$), was als Konsequenz bedeutet, dass sich die Programme signifikant voneinander unterscheiden. Der fortführende Dunn-Bonferroni Test (Anhang 3, Tab. 6) zeigt, dass sich AuT_we von NWW ($p = .024$) und von KWM ($p < .001$) signifikant unterscheidet. Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht zwischen den Programmen KWM und AuT ($p = .011$).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass KWM in der zentralen Tendenz signifikant mehr Mikrohabitate pro Habitatbaum in der praktischen Durchführung ermittelt, als die Konzepte AuT_we und AuT. Zudem weist NWW in der zentralen Tendenz mehr Mikrohabitate pro Baum auf als das Konzept AuT_we, jedoch nicht signifikant mehr als AuT. Die Programme AuT_we und AuT unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, auch wenn die deskriptive Untersuchung etwas anderes nahe legte.

Rosskopf

Rein deskriptiv kann gesagt werden, dass sich der Median und Mittelwert von KWM auch in der praktischen Durchführung (im Rosskopf) von den anderen Programmen abhebt ($KWM_{MED} = 10$; $M_{KWM} = 11,20$) (Anhang 3, Tab. 7).

Auch bei diesen Daten kann von keiner Normalverteilung ausgegangen werden für die Daten aus dem AuT und AuT_we (Shapiro-Wilk Test: $p < .001$). Die Daten aus KWM und NWW weisen jedoch eine Normalverteilung auf (Shapiro-Wilk Test: $p = .603$; $p = .49$). Nichtsdestotrotz muss mit dem Kruskal-Wallis Test weiter verfahren werden, sobald die Normalverteilung von einer Gruppe der Daten verletzt ist, da eine ANOVA bei kleiner Stichprobe nicht robust gegen solchen Verletzungen ist (Field, 2013). Der Kruskal-Wallis Test zeigte ein signifikantes Ergebnis ($p = .008$) an. Weiter gibt der Dunn-Bonferroni Test (Anhang 3, Tab. 8) darüber Aufschluss, dass die Gruppenunterschiede zwischen AuT und KWM ($p = .002$), sowie AuT_we und KWM ($p = .005$) liegen. Die durchgeführten Tests zeigen also, dass das Konzept KWM in der zentralen Tendenz signifikant mehr Mikrohabitate in der Praxis ermittelt als die Programme AuT und die Erweiterung AuT_we. Keine Unterschiede ergeben sich zwischen AuT, AuT_we und NWW.

3.2.3 Unterschiede in der Artenvielfalt

Um die Unterschiede in der Baumartenvielfalt zu untersuchen, wurde der Shannon-Index und der Simpson-Index benutzt. Dabei wurden die Baumarten und deren Anzahl je ausgewiesener Gruppe pro Programm untersucht.

Rosskopf

Der Shannon-Index ergab für die Baumarten, die nach dem AuT als Habitatbaumgruppe im Marteloskop Rosskopf ausgewählt wurden, einen Wert von $H \approx 0.941$. Das deutet auf eine relativ hohe Baumartenvielfalt hin. Die Habitatbaumgruppe die nach dem AuT_we ausgewählt wurde, hat einen Shannon-Index von $H \approx 0.932$. Auch hier bedeutet dies, dass es keine dominierende Baumart gibt die überwiegend vorkommt. Bei den, durch das KWM ausgewählten Bäumen, ergab der Shannon-Index $H \approx 1.378$ und ist damit am höchsten, denn bei der Anwendung des NWW betrug der Shannon-Index $H \approx 0.893$, was auf eine moderate Vielfalt in der Baumartenpopulation hindeutet.

Damit zeigt die Habitatbaumauswahl durch das KWM Programm die höchste Vielfalt und Gleichmäßigkeit in der Verteilung der Arten, gefolgt von der Habitatbaumgruppe des AuT, dann des AuT_we und zuletzt von der Auswahlmethode des Programms NWW.

Der Simpson-Index für die ausgewählten Bäume nach AuT ergab einen Wert von $D \approx 0.562$. Dies deutet daraufhin, dass es keine dominante Baumart gibt. Die ausgewählten Bäume nach AuT_we ergaben einen Simpson Index von $D \approx 0.545$. Im Vergleich zu dem Wert des AuT, zeigt dies auf eine etwas niedrigere Diversität der Baumarten hin. Der Simpson-Index der KWM Bäume betrug $D \approx 0.8$. Dieser hohe Wert deutet auf eine hohe Diversität in der Population hin. Beim Programm NWW ergab der Simpson-Index einen Wert von $D \approx 0.6$. Keine Art dominiert, die Population ist mittelmäßig divers.

Damit zeigt die Habitatbaumauswahl durch das AuT Programm die höchste Diversität und wenigste Dominanz einer Baumart, gefolgt von der Habitatbaumgruppe des AuT_we, dann des Programms NWW und zuletzt von der Auswahlmethode des Programms KWM.

Mooswald

Bei der Ausweisung der Habitatbaumgruppe nach AuT waren drei Baumarten in den 15 ausgewählten Bäumen vertreten. Der Shannon-Index für die Habitatbaumgruppe nach AuT ergab im Marteloskop Mooswald einen Wert von $H \approx 1.060$. Das bedeutet, dass die Artenvielfalt der ausgewählten Bäume moderat ist. Keine Art ist besonders dominant. Das Ergebnis, bei 18 ausgewählten Bäumen und vier unterschiedliche Baumarten für das AuT_we, betrug $H \approx 0.972$, was auch auf eine moderate Artenvielfalt und keine Dominanz einer bestimmten Art hindeutet.

Durch das KWM Programm wurden fünf Bäume bestehend aus zwei verschiedenen Baumarten ausgewählt. Der Shannon-Index ergab einen Wert von $H \approx 0.5$ und ist damit am niedrigsten. Der Index von $H \approx 0.5$ beim Programm KWM, zeigt, dass es eine geringe Artenvielfalt gibt und eine Art die ausgewählten Bäume dominiert.

Bei der Anwendung des NWW wurden neun Bäume und auch zwei verschiedenen Baumarten ausgewählt. Der Shannon-Index ergab einen Wert von $H \approx 0.687$, was auf eine moderate Vielfalt in der Baumartenpopulation hindeutet. Damit zeigt die Habitatbaumauswahl durch das KWM Programm die niedrigste Vielfalt an Baumarten, aufwärts gefolgt von den Habitatbäumen des NWW, dann denen des AuT_we und zuletzt von der Auswahlmethode des Programms AuT, mit der größten Vielfalt der Baumarten und der Gleichmäßigkeit der Verteilung.

Der Simpson-Index für die ausgewählten Bäume nach AuT ergab einen Wert von $D \approx 0.686$. Damit liegt der Wert im oberen Mittelfeld und zeigt, dass auch die Diversität der Baumarten im oberen Mittelfeld liegt. Beim AuT_we hingegen betrug der Wert $D \approx 0.614$. Damit kann die Baumauswahl als etwas weniger diverser eingestuft werden. Noch weniger diverser, laut dem Simpson-Index, ist das KWM Programm mit einem Wert von $D \approx 0.4$. Die Baumauswahl, nach dem NWW, ist dagegen in der Mitte mit einem Wert von $D \approx 0.555$. Damit ergibt sich eine Abstufung der Baumartenvielfalt, beginnend mit dem Programm AuT, welches die höchste Diversität aufweist. Gefolgt von dem Programm AuT_we, dann das NWW und zuletzt das KWM mit der niedrigsten Baumartenvielfalt.

4. Diskussion

Anhand der Forschungsfragen soll die Frage beantwortet werden, ob und wie sich die vier Habitatbaumauswahlprogramme, voneinander unterscheiden. Dabei wurde mit den Daten von acht Marteloskopien die Fragen untersucht, welche Unterschiede sich bei der Anzahl potentiellen Auswahl von Habitatbäumen je Programm ergeben. Auch die Anzahl der Mikrohabitate, wie auch der Holzwert, pro potentiell Baum je Programm wurde untersucht. Zuletzt noch die Unterschiede in der Artenvielfalt der Bäume, die durch die Kriterien jedes Programmes als potentiellen Habitatbaum zugelassen werden.

Um zu testen ob sich die, in der Datenanalyse gefundenen, Ergebnisse auch in der Realität bestätigen, wurden die Programme verwendet um nach ihren Kriterien Habitatbäume oder Habitatbaumgruppen auszuweisen. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird nun diskutiert.

4.1 Unterschiede in der Anzahl der Habitatbäume

Bei der Anzahl der potentiellen Habitatbäume sind große Unterschiede ersichtlich geworden. Das Programm NWW hat nur 4,5% (44) der Bäume ausgewählt, die das Programm KWM als potentiellen Habitatbaum zulässt (982). Das AuT und das AuT_we haben beide 944 Bäume und damit nur 3,9% weniger, als das Programm KWM, zugelassen. Als Ursache kann gesagt werden, dass die Kriterien, nach denen das NWW filtert, viel strenger sind, als die der anderen Auswahlprogramme. Als einziges Programm nennt es eine Mindestgröße des BHD. Dieser ist unterschiedlich nach der jeweiligen Baumart, die der potentielle Habitatbaum haben darf (Anhang 1). Außerdem ist auch die Anzahl der zulässigen Mikrohabitaten beschränkter als bei den anderen Programmen. (LFV 2020). Bei der Filterung in der Excel Tabelle hat das BHD-Kriterium, die schon durch die geringere Anzahl an Mikrohabitatstypen zur Verfügung stehenden Bäume, enorm dezimiert. Die Anzahl der potentiellen Habitatbäume beim AuT und beim AuT_we sind gleich, da sich die Kriterien in der Weiterentwicklung des AuT nicht verändert haben (ForstBW 2016, FVA 2023). Der Unterschied von 38 Bäumen zwischen den beiden AuT Programmen und dem KWM, rührt daher, dass das KWM Programm tote Bäume als Habitatbäume komplett zulässt (BMEL 2022a), statt diese mit der Bedingung $BHD > 40\text{cm}$, zu beschränken (ForstBW 2016).

Obwohl das Programm KWM die meisten potentiellen Habitatbäume hat, wurden auf den beiden Flächen nur jeweils fünf Habitatbäume aufgenommen. Das liegt daran, dass in Bezug zur Förderung mindestens fünf Habitatbäume pro Hektar ausgewiesen werden

müssen und sich bei der Ausweisung an diese Mindestmenge gehalten wurde (BMEL 2022). Da beim AuT eine HBG Größe von 15 Bäumen vorgesehen wird, wurde sich auch an diese Zahl fest gehalten (ForstBW 2016). Ein variable Anzahl an Bäumen gab es nur bei dem Programm AuT_we und dem Programm NWW. Bei dem AuT_we, ist diese variable Anzahl durch die Methode der Ausweisung bedingt. Diese sieht ein Radius, um den Kristallisationspunkt (den ausgewählten Habitatbaum), von 15,50 Meter vor (FVA 2023).

Damit kann die Anzahl der zur Gruppe bestimmten Bäume, abhängig von Unterschieden auf Bestandesebene oder auch von kleinflächigen Baumverteilungsunterschieden, stark schwanken. Aufgrund dieser Unterschiede in der Baumverteilung im Bestand, wurden im Marteloskop Mooswald 17 Bäume zur HBG gezählt und auf dem Rosskopf nur elf.

Bei dem Programm NWW waren nach der Filterung nach den Kriterien nur zwölf Bäume als potenzieller Habitatbaum möglich. Davon wurden acht für die HBG ausgewählt. Zudem sieht das NWW vor, das zu den Habitatbäume, zum Schutz der Gruppe, noch Umgebungsbäume ausgewählt werden, die allerdings, unabhängig von der Baumart, einen Durchmesser von 30 cm nicht unterschreiten dürfen. Aus diesem Grund war von 20 Bäumen, die von der Verteilung her als Umgebungsbäume Sinn ergeben hätten, nur einer förderfähig und die ausgewiesenen HBG hatte deshalb eine Größe von neun. Deshalb fielen auch die Habitatbäume des NWW auf der Rosskopffläche gering aus.

4.2 Unterschiede in der Anzahl der Mikrohabitate pro Baum

Durch die statistische Untersuchung hat sich gezeigt, dass das Auswahlprogramm NWW signifikant mehr Mikrohabitate je potentielltem Habitatbaum aufweist. Da sich die anderen Programme in Median und Mittelwert der Mikrohabitate je Habitatbaum kaum unterscheiden, und deren Gemeinsamkeit eine sehr große Auswahl an potentiellen Bäumen ist, liegt Nahe, dass sich das Programm NWW, nicht, obwohl der deutlich geringeren Anzahl, sondern gerade wegen der geringeren Anzahl an potentiellen Bäumen, signifikant unterscheidet. Da das NWW Programm das einzige ist, welches einen Mindestdurchmesser bei den Habitatbäumen festlegt und damit schwach dimensionierte Bäume kategorisch ausschließt, würde das die Ergebnisse von Großmann & Pyttel 2019 bestätigen, die festgestellt haben, dass ein größerer BHD, mit einer größeren Zahl an Mikrohabitaten einhergeht.

Wenn das NWW Programm signifikant mehr Mikrohabitate je potentielltem Habitatbaum ausweist, wieso ist dann in der tatsächlichen Ausweisung der Habitatbäume, die

Mikrohabitatanzahl des Programm KWM signifikant mehr, im Vergleich zu den anderen Programmen?

Ein Grund dafür wird sein, dass, obwohl die Kriterien für einen potentiellen Habitatbaum sehr offen sind, die Ausweisung nach dem Prinzip stattfindet, das ökologisch wertvollere Bäume bevorzugt werden sollen (BMEL 2022a). Damit werden von der großen Zahl der Potentiellen, jene mit den meisten Mikrohabitaten ausgewählt und die Anzahl der Mikrohabitate pro tatsächlichem Habitatbaum ist sehr hoch. Zudem wird der Median und Mittelwert davon, nicht durch die Auswahl von Umgebungsbäumen reduziert, die zwangsläufig eine geringere Mikrohabitatanzahl haben, da sie nicht aufgrund Dessen ausgewählt werden, sondern aufgrund ihrer Nähe zu einem (oder mehreren) mikrohabitatreichen Zentrumsbaum. Über die gesamte Anzahl, der durch die Ausweisung geschützten Mikrohabitate, gibt diese Untersuchung keine Auskunft.

4.3 Unterschiede hinsichtlich des Holzwertes der potentiellen Habitatbäume

Wie bei der Anzahl der Mikrohabitate der potentiellen Habitatbäume, ergab die statistische Untersuchung, dass das Programm NWW signifikant höhere Holzwerte je Habitatbaum erreicht hat. Ebenfalls, wie bei der Anzahl der Mikrohabitate, hat sich gezeigt, dass es kaum Unterschiede zwischen den anderen Programmen gibt. Es liegt Nahe, dass die beinahe Gleichheit der anderen drei Programme von der ähnlich großen Anzahl, der auch noch fast selben Bäume, stammt.

Das Programm NWW enthält nicht wertvollere Bäume als die anderen Programme, nur aufgrund des Herausfiltern der durchmesserschwachen Bäume, gehen auch die Günstigeren verloren. Denn T. Fillbrandt zufolge, steigt mit dem BHD in der Regel auch der Preis/m³ eines Stammes (persönliche Kommunikation, WiSe2020/21). Deshalb deutet es daraufhin, dass auch hier das Kriterium eines Mindestdurchmessers ausschlaggebend für die Signifikanz ist.

4.4 Unterschiede in der Artenvielfalt der Bäume

Wie bei der Untersuchung nach der Anzahl der potentiellen Habitatbäume, fällt das Programm NWW, auch bei den Unterschieden in der Baumartenvielfalt auf. Um die Unterschiede in der Diversität der Baumarten der potentiellen Habitatbäume herauszufinden, wurde jeweils der Shannon-Index und der Simpson-Index berechnet. Der Shannon-Index wird benutzt um die Diversität von Daten, der Anzahl der Datenkategorien (hier Baumarten) wie auch die Häufigkeit (Anzahl je Art) festzustellen (Spellerberg & Fedor

2003). Der Shannon-Index des AuT, des AuT_we und des KWM, hatte einen Wert von ungefähr 2.5, während das NWW eine Wert von ungefähr 1.5 hatte. Ein niedriger Shannon-Index bedeutet niedrigere Diversität (ebd.). Also lässt das Programm NWW weniger Baumarten als die anderen Auswahlprogramme zu. Für den Simpson-Index, der ebenfalls benutzt wird um Diversität von Arten zu beschreiben, gilt wie beim Shannon-Index, je niedriger der Wert, desto niedriger die Vielfalt (Boenigk 2021). Er bestätigt hier das Ergebnis des Shannon-Index und zeigt, dass das Programm NWW den niedrigsten Wert und damit die niedrigste Baumartenvielfalt hat.

Dies könnte daran liegen, dass in den Kriterien schon von Anfang nicht alle Baumarten zur Förderung als Habitatbaum zugelassen sind. Auch hat das Filtern nach dem Mindestdurchmesser einige Baumarten entfernt, die zwar theoretisch zulässig wären, aber in der vorgeschriebenen Stärke nicht auf den Flächen vorkommen. Somit scheint es so, dass das NWW Programm exkludierender ist, gegen Baumarten als es eigentlich ist. Diese wird nämlich auch durch die Begrenzung der Mindestdurchmesser für die Baumarten getrübt.

Der Shannon-Index für die ausgewiesenen Bäume auf der Fläche Rosskopf, ergab für das Programm NWW auch den niedrigsten Wert. Das Programm KWM hatte aber, statt wie bei der Baumartenauswahl der potentiellen Habitatbäume, einem höheren Wert als das AuT und AuT_we. Das liegt eventuell daran, dass sich die Anzahl der gesamten potentiellen Habitatbäume kaum unterscheidet und auch genau die gleichen Arten vorkommen, jedoch in der Auswahl im Feld, beim KWW, weniger Bäume ausgewählt wurden, aber in diesen wenigen Bäume die gleichen Baumarten auftauchen wie beim AuT und sogar eine Baumart mehr als beim AuT_we. Damit ist die gleiche Anzahl an Baumarten auf weniger Individuen verteilt und es gibt weniger Tendenzen für die Dominanz einer Baumart in dem Datensatz.

Dies könnte auch der Grund sein, wieso der Simpson-Index auf der Rosskopffläche beim AuT und AuT_we geringer ist als bei NWW und KWM.

Auf der Mooswaldfläche wurde durch den Shannon-Index die Baumartenvielfalt in absteigender Diversitätsfolge festgestellt: AuT, AuT_we, NWW und zuletzt KWW. Das KWW wird hier an letzter Stelle sein, da der Shannon-Index auch die Verteilung der Individuen pro Art berücksichtigt (Spellerberg & Fedor 2003) und bei der Ausweisung der Habitatbäume für das KWW sind vier der fünf ausgewählten Bäume auf eine Baumart gefallen. Das NWW hat im Mooswald auch nur zwei Arten ausgewählt, aber mehr von diesem. Der schlechte Wert des KWW kann durch die nach oben offene Grenze der Zahl

der erlaubten Habitatbäume pro Hektar, durch eine mengenmäßig größere Auswahl, verändert werden. Der Simpson-Index spiegelt das Ergebnis wider.

4.5 Spezifische Anwendungsregeln

Es gibt spezifische Anwendungsregeln für verschiedenen Waldtypen, die in dieser Untersuchung vernachlässigt wurde. Nicht alle Flächen dürfen bei der Auswahl von Habitatbäumen gleich behandelt werden. Beim Alt- und Totholzkonzept gibt es beispielsweise AuT - Praxishilfen, die ein besonderes Vorgehen in Eichenwäldern und in fichtendominierten Wäldern beschreiben:

Umsetzung in Eichenwäldern

Bei der Ausweisung von Habitatbaumgruppen in Eichenwäldern ist ein abweichendes Vorgehen notwendig. In Altbeständen haben fast alle Eichen erhaltenswerte Strukturen und zum Erhalt von geschützten Arten ist das Bestehen des Eichenanteils im Bestand wichtig. Aufgrund der Lichtökologie von jungen Eichen, ist eine Ausweisung von Habitatbäumen als Gruppe, in Eichenmischwäldern mit nennenswertem Anteil an Schattenbaumarten, aufgrund des Verdrängen von Eichennaturverjüngung nicht zielführend. Deshalb kann die HBG in Bestandesteilen mit schlechterer Holzqualität ausgewählt werden. Damit wird der wirtschaftliche Einfluss der Erhaltung vermindert. Zudem sollen Eichenhabitatbaumgruppen wenn möglich am nördlichen Rand des Bestandes ausgewiesen werden, um die negativen Effekte der Beschattung der eigenen Verjüngung zu minimieren.

Auch kann die HBG an Orten ausgewiesen werden, die bereits keine Möglichkeit der Eichennaturverjüngung, aufgrund von bereits verjüngten Schattbaumarten, mehr hat. Den Eichen kann dabei durch eine Freistellung bei der Auswahl der HBG geholfen werden. Je nach Zusammensetzung des Bestandes und gewünschter Verjüngung, ist eine kleinere HBG oder eine Auswahl von Einzelbäumen sinnvoll, um einen zu großen Flächenverlust zu vermeiden (FVA, 2012a).

Umsetzung in fichtendominierten Wäldern

Aufgrund des Borkenkäfer Risikos in fichtendominierten Wäldern und den damit einhergehenden Gefahren für benachbarte Bestände, sind Waldschutzmaßnahmen von höherer Priorität. Deswegen sollen Fichten nur sekundär in einer Habitatbaumgruppe ausgewählt werden. Wenn eine geeignete Fichte in Sichtweite eines Fahrwegs und als standorts- und klimastabil gesehen wird, ist auch die Auswahl einer Fichte sinnvoll. Aus waldschutzfachlichen Gründen, kann eine HBG aufgelöst werden und an einer anderen

Stelle ausgeglichen werden. Wenn der Waldschutz die Auswahl der Fichte verhindert, sollten Mischbaumarten ausgewählt werden.

Auch eine geringer Anzahl als vorgesehen kann erfolgen (fünf und mehr). Eine Freistellung bei der Auswahl kann sinnvoll sein. Die Konzentration auf Teile im Bestand mit mehr Mischbaumarten ist dabei der gleichmäßigen Verteilung der HBGs vorrangig (FVA, 2012b).

4.6 Methodenkritik

Bei der Ausfilterung der Mikrohabitate welche bei dem Programm Nachhaltige Waldwirtschaft, nicht gültig sind, sind die Spalten der Tabelle entfernt worden und die Zahl der Mikrohabitat hat sich dementsprechend verringert. Dies hätte so gefiltert werden können, dass nur die Mikrohabitate entfallen, bei denen dieses ungültige Mikrohabitat, das einzige des Baumes ist. Bei Bäumen die noch andere Mikrohabitate aufweisen, hätten diese belassen werden können, da nur weil das Programm diese nicht anerkennt, diese trotzdem vorhanden sind. Damit wurde die Anzahl der potentiellen Bäume des NWW Programms möglicherweise zu drastisch reduziert.

Um für eine genauere Aufnahme der Daten in den beiden Marteloskopien zu sorgen, sollten die Daten nicht alleine aufgenommen werden, wie es in dieser Untersuchung passiert ist.

5. Fazit

Der Vergleich der Habitatbaumauswahlprogramme ergab, dass es Unterschiede bezüglich der Anzahl der potentiellen Habitatbaumauswahl gibt. Das Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft lässt dabei deutlich weniger Bäume zu als die anderen Programme, die sich in dieser Hinsicht kaum bis gar nicht unterscheiden. Wie viele Habitatbäume tatsächlich im Bestand ausgewiesen werden, hat aber nur damit zu tun, ob das Programm bei der Ausweisung je Hektar, eine Menge festgelegt hat.

In der Anzahl der Mikrohabitate je potentiell Habitatbaum zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede. Durch die Veränderung der Signifikanz bei der Anzahl der Mikrohabitate, von dem Förderprogramm Nachhaltige Waldwirtschaft bei den potentiellen Habitatbäumen, hin zu dem Förderprogramm Klimaangepasstes Waldmanagement bei der realen Auszeichnung der Habitatbäume, wurde gezeigt, dass sich die Unterschiede in der Theorie nicht direkt auf die Praxis übertragen lassen.

Die Untersuchung der Forschungsfragen hat die Bedeutung der Auswahlkriterien bei der Identifizierung von Habitatbäume hervorgehoben. Vor allem das Kriterium des Mindestdurchmessers hat einen großen Einfluss auf die möglichen potentiellen Habitatbäume. Dies hat auch den durchschnittlichen Holzwert je Baum und Programm beeinflusst und während dem Anwenden der Kriterien für eine deutlich geringere Anzahl gesorgt (95,5% weniger als das Programm mit den meisten möglichen Bäumen). Damit hatten die Bäume des Förderprogramm NWW einen signifikant höheren Wert als die der anderen Programme.

Interessant wäre es, durch weitere Aufnahmen auf einer Vielzahl von Flächen, vor allem die Unterschiede zwischen dem baumzahlbasierten und dem radiusbasierten Verfahren, der beiden AuT Programme, weiter zu erforschen. Auch wie ein theoretischer kombinierten Ansatz aussehen könnte, bei dem zwar auch flächenbasiert ausgewiesen wird, aber wenn auf der Fläche keine 15 Bäume passend sind, trotzdem 15 Stück ausgewiesen werden.

Einer weiteren Studie, könnte die gesamte Anzahl, der durch die Ausweisung geschützten Mikrohabitate, tiefer untersuchen und die Mikrohabitate der gesamten Gruppe je Hektar und Auswahlverfahren vergleichen.

Als weitere Forschungsfrage könnte die Auswirkung der Habitatbaumauszeichnung auf den finanziellen Verlust durch den Nutzungsverzicht im Bestand untersucht werden. Dabei wäre zu beachten, dass die Programme NWW und KWM Förderprogramme sind, die die Habitatbaumauswahl subventionieren, die AuT Programme dagegen nicht. Außerdem gilt

bei NWW eine Zweckbindungsfrist von 20 Jahren (LFV 2020), wonach immer noch ein möglicher Gewinn erwirtschaftet werden kann. Die anderen Programme gelten bis zum natürlichen Zerfall der Bäume (ForstBW 2016, FVA 2023, BEML 2022a). Somit wäre hier ein ökonomischer Gewinn ausgeschlossen.

Literaturverzeichnis

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022a): Richtlinie für Zuwendung zu einem klimaangepassten Waldmanagement vom 28. Oktober 2022

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022b): Richtlinie für Zuwendungen zu einem klimaangepassten Waldmanagement vom 28. Oktober 2022, Anlage 2.2.8, Habitatbaum

Boenigk, J. (2021): Boenigk, Biologie : der Begleiter in und durch das Studium. Berlin, S. 892 f., doi:10.1007/978-3-662-61270-5.

Bütler, R. und Lachat, T. (2009): Wälder ohne Bewirtschaftung: eine Chance für die saproxyliche Biodiversität. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160(11):324–333.

Bütler R., Lachat T. et al. (2013): Habitatbäume: Schlüsselkomponenten der Waldbiodiversität. In: Kraus D., Krumm F. (Hrsg.): Integrative Ansätze als Chance für die Erhaltung der Artenvielfalt in Wäldern. European Forest Institute. Joensuu: 86 – 95.

Bütler, r.; Lachat,t.; Krumm,f.; Kraus, d.; Larrieu, L., 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. Merckbl. Prax. 64.12 S.

Conover, W. J.(1999): "Practical Nonparametric Statistics." John Wiley & Sons

EFI European Forest Institute (2015): Description of parameters and assessment procedures, <http://integrateplus.org> (abgerufen am: 29. November 2023)

EFI European Forest Institute (2024a): Infosheet Anhausen, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Anhausen.pdf, (abgerufen am: 13. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024b): Infosheet Schiederhof, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Schiederhof_1.pdf, (abgerufen am: 13. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024c): Infosheet Behleneiche, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Behleneiche.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024d): Infosheet Klosterwald, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Klosterwald.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024e): Infosheet Mooswald, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Mooswald.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024f): Infosheet Sailershausen, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Sailershausen.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024g): Infosheet Rosskopf, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Rosskopf.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

EFI European Forest Institute (2024h): Infosheet Dicker Busch, http://iplus.efi.int/uploads/DE_InfoSheet_Dicker_Busch.pdf, (abgerufen am: 15. Januar 2024)

Field, A. (2013): Discovering statistics using IBM SPSS statistics. Sage.

ForstBW (Hrsg) (2016): Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg. 44 Seiten, Stuttgart.

ForstBW (Hrsg) (2023): AuT - Praxishilfe „Steuerung der Habitatbaumgruppen-Ausweisung im Staatswald Baden-Württemberg

FVA (2012a): AuT - Praxishilfe „Umsetzung des AuT - Konzepts in Eichenwäldern“

FVA (2012b): AuT - Praxishilfe „Umsetzung des AuT - Konzepts in fichtendominierten Wäldern“

FVA (2019): AuT - Praxishilfe: „Ausweisung von Waldrefugien“.

FVA (2023): AuT - Praxishilfe „Steuerung der Habitatbaumgruppen-Ausweisung im Staatswald Baden-Württemberg (ForstBW)“

Großmann, J. & Pytell., P. (2019): Mikrohabitate und Baumdimension als Grundlage der Habitatbaum-Auswahl im Bergmischwald

Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., und Winter, S., (2016a): Katalog der Baummikrohabitate – Referenzliste für Feldaufnahmen. Integrate+ Technical Paper. 16 S.

Kraus, D.; Mergner, U.; Schuck, A.; Krumm, F.; Hausmann, T. (2016b): Integrate+: Wieviel Naturschutz kann der bewirtschaftete Wald leisten? Der Dauerwald 54, S. 33–38.

Kraus, D. & Schuck, A. (2016): Mikrohabitatstrukturen im Wald: Ein Schlüssel zur Erhaltung von gefährdeten Arten. – AnLiegen Natur 38(1) online: 3 S., Laufen

Kändler, G., Cullmann, D. (2015): Der Wald in Baden-Württemberg und seine Entwicklung – Ergebnisse der BWI3. FVA-einblick 1/2015, S. 6-9

Larrieu, L., Courbaud, B., Drénou, C., Goulard, M., Bütler, R., Kozák, D., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Müller, J., Paillet, Y., Schuck, A., Stillhard, J., Svoboda, M., Vandekerkhove, K., (2022): Key factors determining the presence of Tree-related Microhabitats: A synthesis of potential factors at site, stand and tree scales, with perspectives for further research. Forest Ecology and Management, Volume 515 (2022) 120235. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120235>

LFV (Landesforstverwaltung BW) (2020): Merkblatt - Erhalt und Entwicklung von Habitatbaumgruppen

MLR (Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg) (2020): Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz über die Gewährung von Zuwendungen für Nachhaltige Waldwirtschaft (VwV NWW)

Pyttel, P., Kraus, D., Schuck, A., Krumm, f., Bauhus, J., 2018. Mit „Marteloskopen“ lehren und lernen, AFZ-DerWald 4/2018, S. 26-29.

Schuck, A., Kraus, D., Krumm, F., Schmitt, H., 2015. Integrate+ Marteloskope – Kalibrierung waldbaulicher Entscheidungen. Integrate+ Technical Paper Nr. 1. 12 S.

Spellerberg, I., Fedor, P (2003): A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' Index. In: *Global Ecology and Biogeography* 12 (3), S. 177–179, doi:10.1046/j.1466-822X.2003.00015.x

Anhang

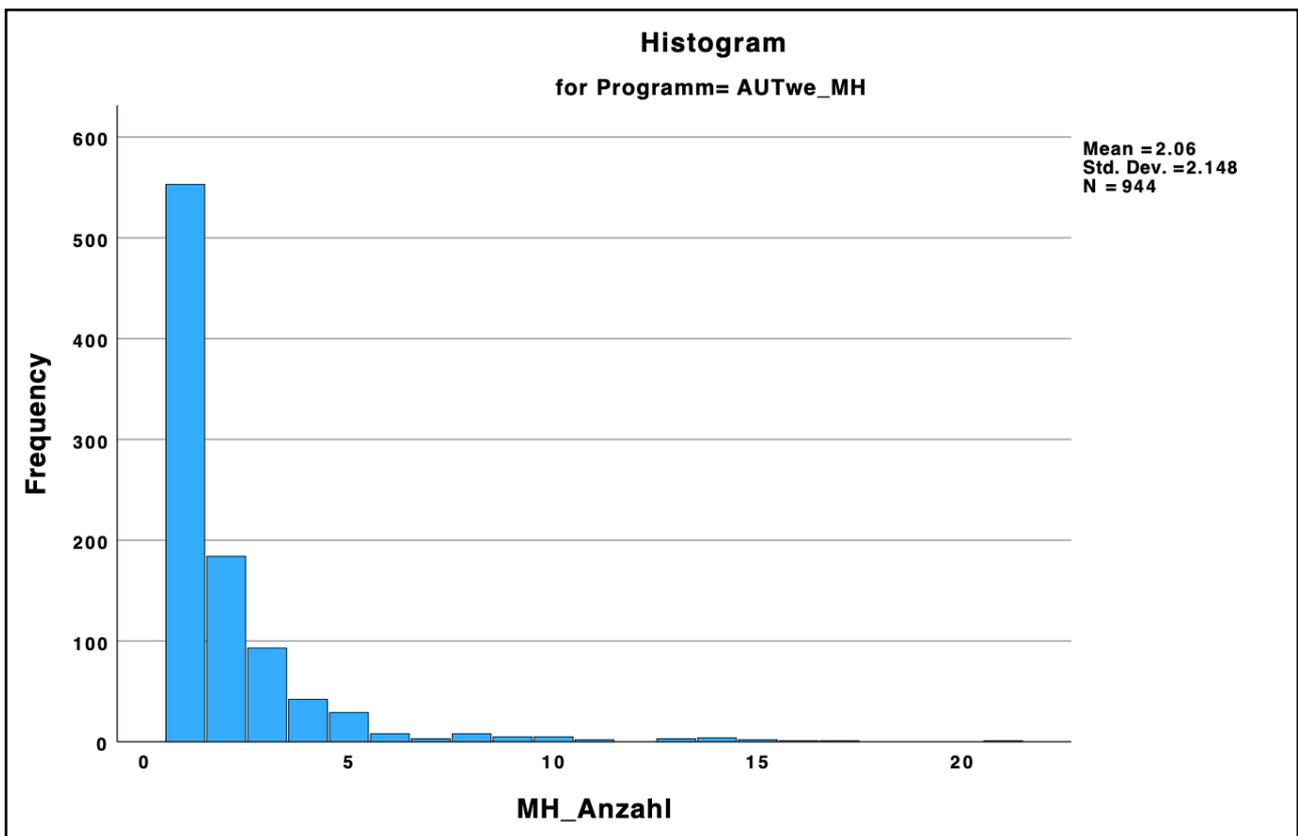
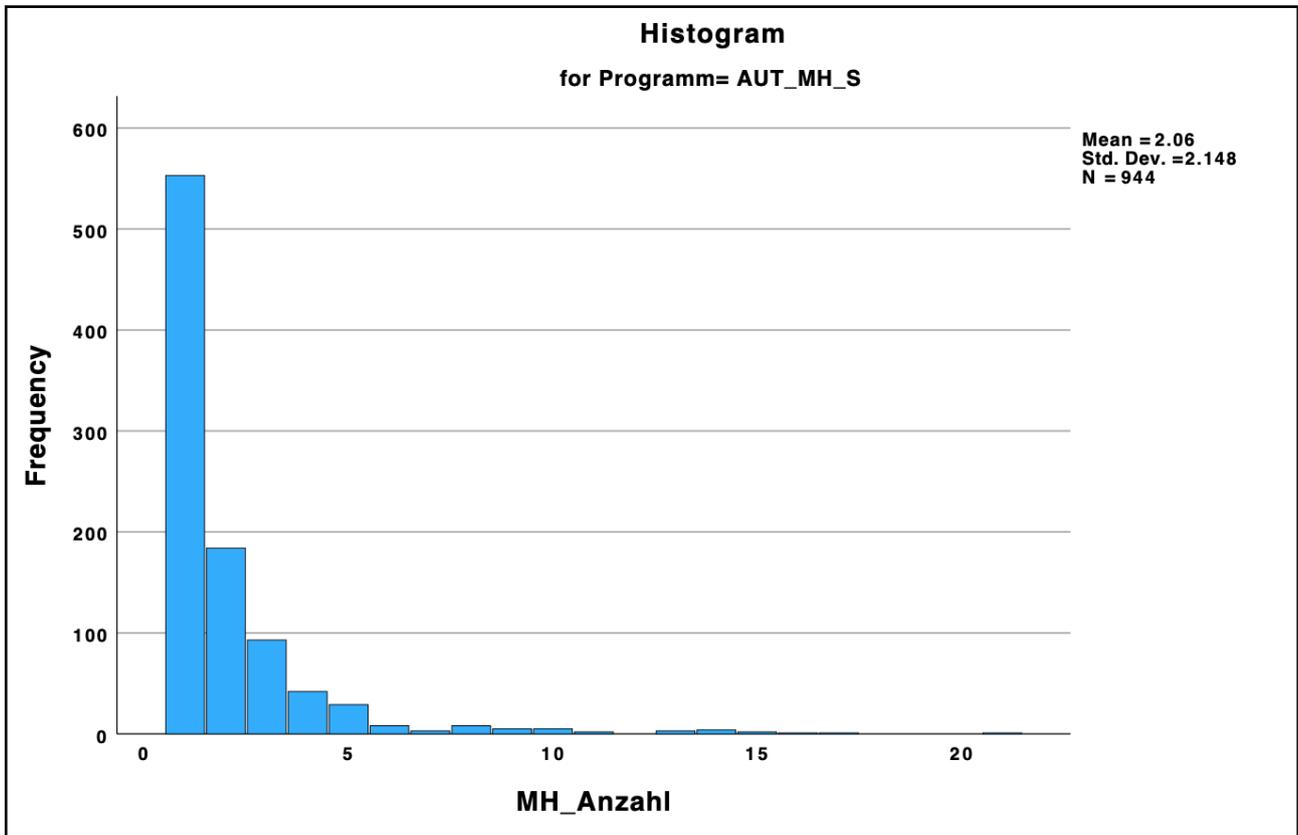
Anhang 1:

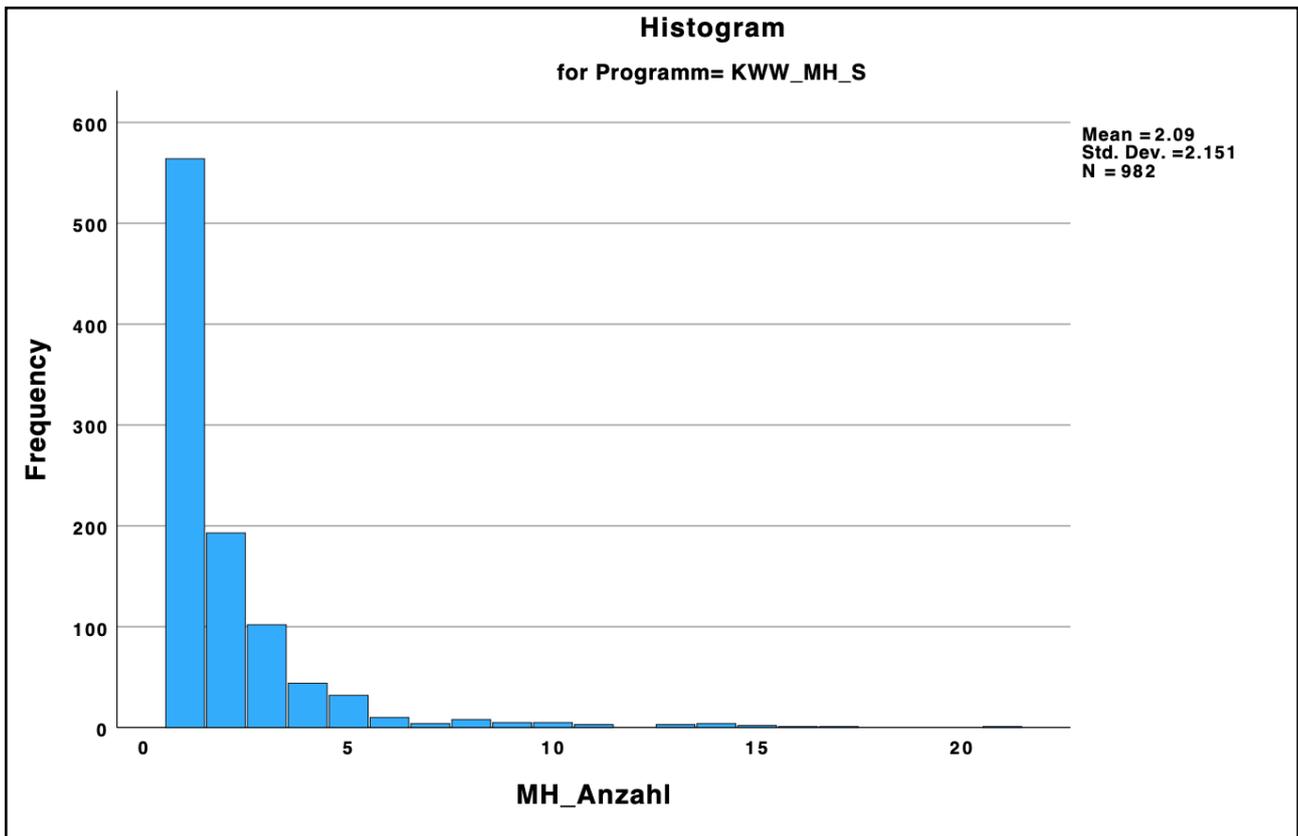
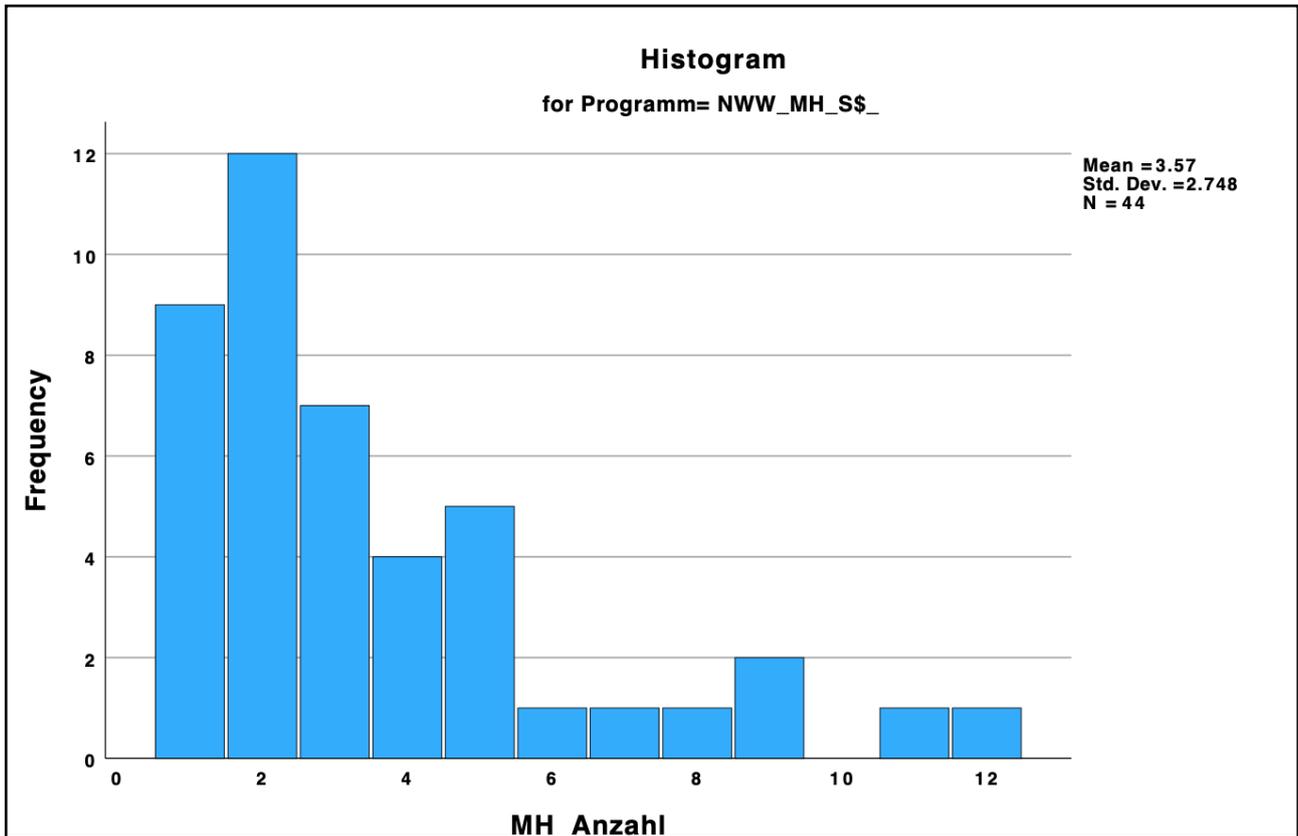
Vereinfachte Darstellung der förderfähigen Habitatbäume des Förderprogramms „Nachhaltige Waldwirtschaft“, mit den Baumarten die auf den untersuchten Flächen vorkommen und deren Mindestdurchmesser.

BHD	Eiche	Buche / weitere Laubbäume	Fichte / Weißtanne	Kiefer / weitere Nadelbäume
80 cm	Stieleiche Traubeneiche	-	-	-
65 cm	-	Rotbuche Gemeine Esche Bergahorn Spitzahorn Hainbuche Roteiche Walnuss Hängebirke Schwarzerle Lindenarten Weidenarten	Weißtanne	-
60 cm	-	-	Gemeine Fichte	Europäische Lärche
50 cm	-	-	-	Kiefer
40 cm	-	Elsbeere Vogelkirsche Feldahorn Flatterulme	-	-

Anhang 2:

Graphische Übersicht über die Verteilung der Mikrohabitatanzahl der potentiellen Habitatbäume für jedes Auswahlprogramm.





Anhang 3:

Tab. 1: Mikrohabitate der jeweiligen Programme (theoretische Auswahl)

Programm	Mittelwert der Mikrohabitate pro Programm	Median	
AuT	2,06	1	
AuT_we	2,06	1	
NWW	3,57	3	
KWM	2,09	1	

Tab. 2: Mikrohabitate im Paarvergleich, Dunn-Bonferroni Test

Programme	Teststatistik	p-Werte
AuT – AuT_we	.000	1
AuT - NWW	-647,34	< .001
AuT – KWM	-18,76	.584
AuT_we – NWW	-647,34	< .001
AuT_we – KWM	-18,76	.584
NWW - KWM	628,57	< .001

Tab. 3: Ermittelte Holzwerte je Habitatbaum der jeweiligen Programme

Programm	Gesamtanzahl der Habitatbäume	Mittelwert (SD) der Mikrohabitate pro Programm	Median
AuT	944	137,41	28,65
AuT_we	944	137,41	28,65
NWW	44	816,60	734,58
KWM	982	132,28	25,56

Tab. 4: Ermittelte Holzwerte je Habitatbaum im Paarvergleich, Dunn-Bonferroni Test

Programme	Teststatistik	p-Werte
AuT – AuT_we	.000	1.000
AuT - NWW	42,96	< .001
AuT – KWM	0,748	.387
AuT_we – NWW	41,96	< .001
AuT_we – KWM	0,748	.387
NWW - KWM	42,96	< .001

Tab. 5: Mikrohabitate der jeweiligen Programme im Mooswald (praktische Umsetzung)

Programm	Gesamtanzahl der Mikrohabitate	Mittelwert der Mikrohabitate pro Programm	Median
AuT	15	4,40	1
AuT_we	18	2,06	0
NWW	5	13,80	10
KWM	9	7,89	3

Tab. 6: Praktische Umsetzung im Mooswald, Dunn-Bonferroni Test für die Anzahl der Mikrohabitate im Paarvergleich (praktische Umsetzung)

Programme	Teststatistik	p-Werte
AuT – AuT_we	5,18	.265
AuT - NWW	-7,61	.208
AuT – KWM	-17,53	.011
AuT_we – NWW	-12,25	.024
AuT_we – KWM	-22,72	< .001
NWW - KWM	-10,47	.158

Tab. 7: Mikrohabitate der jeweiligen Programme im Rosskopf (praktische Umsetzung)

Programm	Gesamtanzahl der Mikrohabitate	Mittelwert der Mikrohabitate pro Programm	Median
AuT	15	2,60	0
AuT_we	11	3,36	0
NWW	5	11,20	10
KWM	5	3,80	3

Tab. 8: Praktische Umsetzung im Rosskopf, Dunn-Bonferroni Test für Mikrohabitate

Programme	Teststatistik	p-Werte
AuT – AuT_we	-1,15	.776
AuT - NWW	-8.43	.110
AuT – KWM	-16,63	.002
AuT_we – NWW	-7,28	.186
AuT_we – KWM	-15,48	.005
NWW - KWM	8,2	.204

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, Holger Heiß, an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und mich anderer als der in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel nicht bedient habe. Alle Stellen, die sinngemäß oder wörtlich aus Veröffentlichungen übernommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.“

Freiburg im Breisgau, 05.04.2024

Unterschrift Holger Heiß