



Bachelorarbeit zum Thema:

„Einrichtung eines Marteloskopes im Revier Hoher Fläming unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte“

vorgelegt von:	Franziska Böltzig	Annabell Wolf
Matrikelnummer:	4069660	4069801
geboren am:	29.04.2000	16.09.2000
Studiengang:	Naturschutz und Landschaftsplanung	
Semester:	8	
1. Betreuer:	Prof. Dr. Markus Meyer	
2. Betreuer:	Dipl.-Ing. Toren Reis	
Datum der Abgabe:	26.06.2023	

Zusammenfassung

Neben der Bewirtschaftung eines Waldes sollte es auch wichtig sein, die Biodiversität zu erhalten. Dazu gehört es unter anderem sogenannte „Habitatbäume“ und das stehende sowie liegende Totholz zu schützen, da dort viele verschiedene Lebewesen beherbergt sind. Insbesondere bei den FFH-Gebieten ist die Erhaltung und Förderung von Totholz sowie Habitatbäumen oftmals im dazugehörigen Managementplan für die Lebensraumtypen verankert. Darüber hinaus sind weitere Strategien festgelegt, um den Erhaltungszustand zu optimieren.

Im Rahmen unserer Untersuchungen wurde ein Marteloskop angelegt, welches es erlaubt verschiedene waldbauliche Optionen zu simulieren und dabei die Biodiversität zu berücksichtigen. Die Marteloskop-Fläche befindet sich im Fauna-Flora-Habitat-Gebiet „Obere Nutheläufe“, wofür ein Managementplan vorliegt. Das Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, ob sich die Strategien des Managementplans für das Schutzgebiet mit Hilfe eines Marteloskopes abbilden lassen und ob weitere Strategien ergänzt werden können. Hierzu wurde eine 1 ha große Fläche vermessen und alle sich darauf befindenden lebenden Bäume inventarisiert. Mit Hilfe der Software „I+“ vom European Forest Institute konnte eine Simulation erstellt werden, welche eine Beantwortung der Fragestellung ermöglichte. Um die Defizite eines Marteloskopes gegenüber Totholz zu beleuchten, wurde stehendes und liegendes Totholz für die Lebensraumtypen nach der dazugehörigen Kartieranleitung aufgenommen. Da ein Marteloskop unter anderem auch den Zweck verfolgt, Förster für die Anwesenheit von Habitaten zu sensibilisieren, wurde im Rahmen der Bachelorarbeit untersucht, ob sich eine Förderung ökonomisch wertvoller Bäume mit dem Erhalt der Waldbiodiversität in Einklang bringen lässt.

Mittels Durchführung der Simulation konnte festgestellt werden, dass sich die meisten Strategien optimal abbilden lassen. Problematisch war die Maßnahme der Förderung von Hauptbaumarten durch Neupflanzung, da dem Marteloskop in dieser Hinsicht Grenzen gesetzt sind. Es kann somit nur simuliert werden, was bei der vorherigen Datenaufnahme erfasst wurde. Allgemein entsteht ein Konflikt, da sich die Fläche in einem natürlichen Wandel befindet, jedoch das Marteloskop lediglich eine Momentaufnahme des Untersuchungsgebiets darstellt. In Bezug auf die zu ergänzenden Strategien war festzustellen, dass der Managementplan bereits umfangreich erarbeitet wurde und die bestehenden Strategien lediglich vereinzelt abgeändert wurden.

Bei der Totholzaufnahme wurde abweichend zu den Vorgaben der Kartieranleitung weiteres Totholz aufgenommen, um die Datenmenge für die Analyse zu vergrößern. Dabei stellte sich heraus, dass mehr liegendes als stehendes Totholz auftrat und das meiste sich im nördlichen Teil der Fläche befand. Ein Konflikt in Bezug auf das Marteloskop entsteht, da das Totholz nur im stehenden Zustand erfasst werden konnte, eine Aufnahme des liegenden jedoch notwendig war. Innerhalb der Simulation konnten die zuvor erfassten Bäume als Totholz markiert werden, schieden allerdings daraufhin aus dem Bestand aus, was ein Defizit darstellt.

In Bezug auf die Habitate konnte ermittelt werden, dass eine Förderung ökonomisch wertvoller Bäume bei gleichzeitigem Schutz der Waldbiodiversität möglich ist. Dabei sollten vor allem Habitatbäume mit einem niedrigen Geldwert erhalten werden, um Verluste für die Forstbetriebe zu minimieren. Dennoch gibt es Konfliktbäume, bei denen eine Abwägung stattfinden muss. Um diese zu identifizieren, stellen Marteloscope ein praktikables Übungsinstrument dar.

Abstract

In addition to the management of a forest, it should also be important to preserve biodiversity. This includes, among other things, protecting so-called "habitat trees" and standing as well as lying deadwood, as these are home to different creatures. Especially for the fauna-flora-habitat areas, the conservation and promotion of deadwood and habitat trees is often anchored in the associated management plan for the habitat types. In addition, further strategies for optimising the conservation status are defined.

As part of our research, a marteloscope was set up, which allows us to simulate different silvicultural options while taking biodiversity into account. The marteloscope area is located in the fauna-flora-habitat area "Obere Nutheläufe", for which a management plan exists. The aim of this work was to find out whether the strategies of the management plan for the protected area can be depicted with the help of a marteloscope and whether further strategies can be added. For this purpose, a 1 ha area was surveyed and all living trees on it were inventoried. With the help of the software "I+" from the European Forest Institute, a simulation was created which enabled the question to be answered. In order to shed light on the deficits of a marteloscope towards deadwood, standing and lying deadwood was recorded for the habitat types according to the associated mapping instructions. Since one of the purposes of a marteloscope is to sensitize foresters to the presence of habitats, the bachelor thesis investigated whether the promotion of economically valuable trees can be reconciled with the conservation of forest biodiversity.

By carrying out the simulation, it could be determined that most strategies can be optimally depicted. The measure of promoting main tree species through new planting was problematic, as the marteloscope is limited in this regard. Thus, only what was recorded during the previous data collection can be simulated. In general, a conflict arises because the area is undergoing natural change, but the marteloscope is only a snapshot of the study area. Regarding the strategies to be supplemented, it was noted that the management plan has already been comprehensively developed and the existing strategies have only been modified in isolated cases.

During the deadwood survey, additional deadwood was recorded in deviation from the specifications of the mapping instructions to increase the amount of data for the analysis. It turned out that there was more lying than standing deadwood and most of it was in the northern part of the area. A conflict arises in relation to the marteloscope, as the deadwood could only be recorded in the standing state, but a recording of the lying one was necessary. Within the simulation, the previously recorded trees could be marked as deadwood, but were then eliminated from the stand, which represents a deficit.

Regarding habitats, it could be determined that it is possible to promote economically valuable trees while at the same time protecting forest biodiversity. Above all, habitat trees with a low monetary value should be preserved. Nevertheless, there are conflict trees that need to be weighed up. In order to identify these, marteloscopes are a practicable training tool.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG.....	1
2. MATERIAL UND METHODEN.....	5
2.1 GEBIETSBESCHREIBUNG	5
2.2 AUSWAHL DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	7
2.3 DATENAUFNAHME.....	8
2.4 SIMULATION	11
2.5 STRATEGIEN DES MANAGEMENTPLANS.....	13
2.6 AUFNAHME DER HABITATE	18
2.7 AUFNAHME DES TOTHOLZES	21
3. ERGEBNISSE.....	22
3.1 ERGEBNISSE DER DATENAUFNAHME.....	22
3.2 ERGEBNISSE DER HABITATE.....	27
3.3 ERGEBNISSE DER SIMULATION	38
3.3.1 AUSGANGSBESTAND	38
3.3.2 KONFLIKTBÄUME	40
3.3.3 AUSGESCHIEDENER BESTAND	41
3.3.4 ERHALTENER BESTAND.....	43
3.3.5 VERBLEIBENDER BESTAND	45
3.4 ERGEBNISSE DES TOTHOLZES	46
4. DISKUSSION.....	49
4.1 MARTELOSKOP UND STRATEGIEN	49
4.2 HABITATE.....	52
4.3 TOTHOLZ.....	55
4.4 KONFLIKT ZWISCHEN NATURSCHUTZ UND FORSTWIRTSCHAFT	58
4.5 FEHLERERHEBUNG	61
5. FAZIT.....	61
6. AUSBLICK	63
DANKSAGUNG.....	64
REFERENZEN	65
AUFTEILUNG DER ARBEIT.....	70
EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNGEN.....	71
ANHANG.....	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes in der Wirtschaftskarte	5
Abbildung 2: Übersicht der Lebensraumtypen im Untersuchungsgebiet	7
Abbildung 3: Aufbau des Marteloskopes	8
Abbildung 4: Benutzeroberfläche der Software „I+“	12
Abbildung 5: Stammfußkarte der Fläche mit dazugehöriger Baumartenverteilung (vom EFI)	22
Abbildung 6: Darstellung des mittleren BHD der jeweiligen Baumart	23
Abbildung 7: Darstellung der mittleren Höhe der jeweiligen Baumart	24
Abbildung 8: Verteilung der erfassten Habitat-Typen	27
Abbildung 9: Darstellung der erfassten Habitat-Typen der jeweiligen Baumart.....	28
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen der Baumart und der Anzahl der Habitate	28
Abbildung 11: Verteilung der Habitat-Gruppe "Höhlen"	30
Abbildung 12: Verteilung der Habitat-Gruppe "Stammverletzungen und Bruchwunden"	31
Abbildung 13: Verteilung der Habitat-Gruppe "Rinde"	31
Abbildung 14: Verteilung der Habitat-Gruppe "Totholz"	32
Abbildung 15: Verteilung der Habitat-Gruppe "Deformierung/Wuchsform"	33
Abbildung 16: Verteilung der Habitat-Gruppe "Epiphyten"	33
Abbildung 17: Verteilung der Habitat-Gruppe "Nester"	34
Abbildung 18: Verteilung der Habitat-Gruppe "Andere"	35
Abbildung 19: mittlere Anzahl an Habitaten pro Baum in Bezug auf den BHD	36
Abbildung 20: mittlere Anzahl an Habitatbäumen in Bezug auf die Höhe	37
Abbildung 21: Ausgangssituation der Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)	39
Abbildung 22: Verteilung der Konfliktbäume im Marteloskop (von der Software „I+“)	40
Abbildung 23: Verteilung der Entnahmegründe für den ausgeschiedenen Bestand (von der Software „I+“).....	42
Abbildung 24: Verteilung der ausgeschiedenen Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)	43
Abbildung 25: Verteilung der Erhaltungsgründe für den Bestand (von der Software „I+“)	44
Abbildung 26: Verteilung der verbliebenen Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)	45
Abbildung 27: Gegenüberstellung des stehenden und liegenden Totholzes auf der Fläche ..	46
Abbildung 28: Vergleich der Lebensraumtyp-Aufnahme mit der ergänzenden Aufnahme	47
Abbildung 29: Darstellung des Totholzes in Bezug auf die Baumart	47
Abbildung 30: Verteilung des Totholzes der jeweiligen Baumart in den Quadranten	48
Abbildung 31: Marteloskop „Am Paradies“ (eigene Aufnahme)	62
Abbildung A1: Infoblatt des Marteloskopes (vom EFI)	72-73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Holzpreisliste des Försters (Stand 15.12.2022)	10
Tabelle 2: Umsetzungsmöglichkeiten der Strategien des Managementplans in der Simulation	14
Tabelle 3: Übersicht der Baummikrohabitate gemäß Kraus et al. 2016a	19
Tabelle 4: mittlerer ökonomischer Wert der Baumarten	25
Tabelle 5: mittlerer Habitatwert der Baumarten	26
Tabelle 6: Gegenüberstellung der Gesamtanzahl der Bäume der jeweiligen Art und dem Anteil an Habitatbäumen	29
Tabelle 7: Zusammenhang zwischen dem BHD und dem Vorkommen von Habitaten	35
Tabelle 8: Zusammenhang zwischen der Höhe und dem Vorkommen von Habitaten	36
Tabelle 9: Übersicht des Ausgangsbestandes (von der Software „I+“)	38
Tabelle 10: Übersicht ausgewählter Bäume mit hohem oder niedrigem Konfliktpotential....	40
Tabelle 11: Übersicht des ausgeschiedenen Bestandes (von der Software „I+“)	41
Tabelle 12: Übersicht des erhaltenen Bestandes (von der Software „I+“)	43
Tabelle 13: Übersicht des verbleibenden Bestandes (von der Software „I+“)	45

Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung des Volumens eines Segmentes	10
Formel 2: Berechnung des Habitatwertes für einen Baum	11
Formel 3: Berechnung des Wertes für ein Habitat	11

Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
EFI	European Forest Institute
FFH-Gebiet	Fauna-Flora-Habitat-Gebiet
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat Richtlinie
LAU	Landesamt für Umweltschutz
NeS	Nedlitzer Sand-Braunerde

1. Einleitung

Ein zentraler Bestandteil der Waldbewirtschaftung ist die Steuerung waldbaulicher Eingriffe. Zu welchem Zeitpunkt und an welchem Standort diese Eingriffe stattfinden, erfordert sowohl fundierte Kenntnisse über die im Ökosystem Wald ablaufenden Prozesse als auch die waldbauliche Erfahrung des Entscheidungsträgers (Schuck et al. 2015a). Jeder waldbauliche Eingriff bringt unterschiedliche Konsequenzen mit sich, welche Auswirkungen auf die Biodiversität des Waldes haben. Um die Biodiversität im Wald zu erhalten und dem Artenschwund entgegenzuwirken, erweist es sich unter anderem als notwendig, die im Wirtschaftswald seltenen, sogenannten Habitatbäume zu schützen (Krumm et al. 2019). Der Begriff Habitatbäume umfasst stehende Bäume in einem toten sowie auch lebendigen Zustand, welche Mikrohabitate aufweisen (Bütler et al. 2013). Mikrohabitate werden nach Larrieu et al. (2018) als klar abgegrenzte Strukturen beschrieben, welche oberirdisch von Gehölzen getragen werden. Dazu zählen beispielsweise Höhlen, Totholz, Hexenbesen oder auch Risse und Spalten (Kraus et al. 2016a). Sie sind für die Waldbiodiversität von herausragender Bedeutsamkeit, da sie einen Lebensraum für viele spezialisierte, teilweise auch gefährdete Arten (Tiere, Pflanzen, Flechten, Pilze) darstellen. Die Nutzung der Habitatbäume durch die verschiedenen Arten kann sehr unterschiedlich sein (zum Beispiel: Schlafplatz, Nistplatz, Nahrungssuche) (Bütler et al. 2013). Doch oftmals stellt sich heraus, dass der Fokus in der Forstwirtschaft eher auf ökonomisch wertvolle Bäume gelegt wird und diese gefördert werden, anstatt dass Habitatbäume identifiziert und geschützt werden (Krumm et al. 2019). Beim Holzeinschlag werden daher häufig Bäume mit Mikrohabitaten entfernt, da sie im Allgemeinen einen geringen wirtschaftlichen Wert aufweisen (Bütler et al. 2013).

Diese Thematik ist auch in Bezug auf das Totholz im Wirtschaftswald problematisch. Unter Totholz versteht man abgestorbene Bäume und Teile davon. Diese dienen zahlreichen Artengruppen als Lebensraum, wobei man also sagen könnte, der Tod schafft Platz für neues Leben. Besonders Insekten, Vögel, Pilze und Flechten sind abhängig von diesem Lebensraum, wobei er verschiedene Funktionen, wie beispielsweise als Nahrungsquelle, Überwinterungsquartier, Rastplatz oder Versteckmöglichkeit aufweist (Bütler & Schlaepfer 2004). In den Wäldern lebt eine Vielzahl von Insektenarten, welche das Holz auf viele Weisen nutzen. Man unterscheidet zum einen in obligate Totholzbewohner, für deren Existenz Totholz lebenswichtig ist und zum anderen in fakultative Totholzbewohner, die das absterbende Holz nutzen, jedoch nicht zum Überleben benötigen (Buse et al. 2021). Ein Großteil der xylobionten Käfer und Pilze haben eine Spezialisierung auf Laubbäume oder Nadelbäume, es sind nur wenige Generalisten bekannt, die keine Klasse bevorzugen (Lachat et al. 2013). Besonders die Familie der Laufkäfer nutzt liegendes Totholz mit einem Durchmesser über 20 cm als Überwinterungsstandort, wobei dort unter anderem auch Hummeln, Hornissen und Blattwespen anzutreffen sind (Buse et al. 2021). Verschiedene Merkmale des Totholzes spielen eine Rolle für die Besiedlung von diversen Arten, dazu zählen einerseits Baumart, Zersetzungsgrad, Dimension und Menge, sowie die räumliche und zeitliche Kontinuität der Habitate (Meyer et al. 2009). Weiterhin bedeutsam für die Qualität der Habitate ist die Zersetzung, wobei eine fortschreitende Zersetzung eine Änderung der Artenzusammensetzung bewirkt (Menke 2006). In einem Waldbestand mit einer großen Menge an Totholz kann man davon ausgehen, dass vielfältige Eigenschaften des Holzes vorhanden sind, wodurch es zur Nischenbildung für spezialisierte Arten kommt, was sich wiederum positiv auf die Biodiversität auswirkt (Lachat et al. 2013). Zahlreiche Faktoren haben Einfluss auf die Lebensgemeinschaften, die man im Totholz finden kann. Zu den abiotischen Einflussfaktoren zählen besonders Temperatur und Feuchtigkeit und zu den biotischen Faktoren lassen sich die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Arten vermerken (Lachat et al. 2013).

Totholz im Wirtschaftswald hat jedoch auch andere Funktionen, wie zum Beispiel Verjüngungsgrundlage oder Schutz vor Erosionen, Steinschlägen und Lawinen (Bütler & Schlaepfer 2004). Weiterhin übernimmt es wichtige Aufgaben bei der Kohlenstoffbindung, Nährstoffversorgung und Wasserrückhaltung im Ökosystem Wald (Lachat et al. 2013). Bezüglich der Thematik Totholz im Wald zu belassen, gibt es jedoch einige Probleme. In den heutigen Wirtschaftswäldern gibt es einen Totholzangel, wobei die Ursachen dafür die kurzen Umtriebszeiten und das Entfernen toter Bäume sind (Schiegg 1998). Diese Aussage unterstützt auch der Anteil an xylobionten Arten auf den Roten Listen (Meyer et al. 2009). Die Gründe für die Entnahme der Totholzstrukturen sind besonders die Angst vor der Verbreitung von Schädlingen und die Unfallgefahr für Waldbesucher (Bütler & Schlaepfer 2004). Es gibt allerdings Lösungsansätze, die diesen Gründen entgegenwirken. Besonders Bestände mit viel Laubholz sind wenig gefährdet von Wirtschaftsschädlingen, wobei eine Mischung von Baumarten und eine gut ausgebildete Vegetation am Boden eine gute Voraussetzung für den Schutz sind (Schiegg 1998). Daher ist der Einbau von Laubhölzern in reine Nadelwälder erfolgsversprechend, wobei besonders klimastabile oder alte Wälder eine gute Abwehr gegen Schädlinge bieten (Petercord 2009). Das Risiko einer Massenvermehrung von Borkenkäfern ist bei einigen Nadelbaumarten zwar höher, jedoch benötigen diese eine Rinde für ihre Reproduktion, ansonsten geht vom Totholz keine Gefahr in diese Richtung aus (Bütler et al. 2006). Eine weitere Strategie ist das Belassen von abgestorbenen Bäumen an abgelegenen Orten, wo auf den Einsatz von Maschinen verzichtet wird, damit diese nicht vom Totholz behindert werden und außerdem die Unfallsicherung an Waldwegen, um eine Gefährdung von Waldbesuchern und Forstarbeitern vorzubeugen (Bütler et al. 2006). Vor allem abgestorbene, stehende Einzelstämme haben ein großes Gefahrenpotential. Hierbei sollte das stehende Totholz präferiert in Alt- und Totholzinseln belassen werden, welche entsprechend gekennzeichnet oder den Waldarbeitern mitgeteilt werden (Wettmann & Hartmann 2009). Die Gesellschaft sollte mittels Öffentlichkeitsarbeit auf die Wichtigkeit der Thematik Totholz sensibilisiert werden, um soziale Interessenskonflikte zu vermeiden (Bütler et al. 2006). Für einen sicheren Umgang mit Totholz müssten die Mitarbeiter entsprechend geschult und Arbeitsmittel sowie Verfahren angepasst werden (Wettmann & Hartmann 2009). Abschließend muss gesagt werden, dass viele kleine tote Äste nicht wenige große Stämme ersetzen und umgekehrt, da sie jeweils von unterschiedlichen Artengemeinschaften bewohnt werden und einen wichtigen Beitrag zur Arterhaltung und somit für die Biodiversität leisten (Lachat et al. 2013).

Um Bäume, Bestände und Waldmerkmale richtig zu beurteilen, wurden auf der ganzen Welt verteilt „Versuchsflächen“ angelegt. Diese finden vor allem in der Forschung und in Ausbildungseinrichtungen Anwendung. Oftmals wird dabei allerdings nicht die Fähigkeit zur Baumauswahl geschult. Diese ist jedoch essenziell, um beim selektiven Holzeinschlag gleichzeitig die Biodiversitätsaspekte berücksichtigen zu können (Soucy et al. 2016). Innerhalb der letzten Jahre stieg das Interesse daran, Naturschutzmaßnahmen in die Waldbewirtschaftung zu integrieren. Jedoch erweist sich die Integration als herausfordernd (Konczal et al. 2023). Mit Hilfe eines Marteloskopes können verschiedene waldbauliche Entscheidungen simuliert und anschließend sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Perspektive betrachtet werden. Hierbei wird die Kompetenz zur Baumauswahl gefördert. Marteloscope beruhen auf einem Konzept, welches in den 1990er Jahren in Frankreich entwickelt wurde. Der Begriff setzt sich aus den Wörtern „martelage“ (Auszeichnung) und „skopein“ (schauen) zusammen, was die nähere Betrachtung eines Waldbestandes bedeutet (Kraus et al. 2016b). Im Rahmen des Projekts „Integrate+“ wird ein europäisches Netzwerk von Marteloskopern geschaffen, welches das European Forest Institute (EFI) digital verwaltet. Dieses Projekt verfolgt die Intention der stärkeren Eingliederung des Naturschutzes in die Waldbewirtschaftung (Schuck et al. 2015a). Bisher wurden insgesamt 209 Marteloscope in 24 Ländern innerhalb Europas angelegt (EFI 2023, Stand Juni).

Zur Errichtung eines Marteloskopes wird eine ca. 1 ha große Waldfläche eingemessen, die als waldbauliche Übungsfläche dienen soll. Alle sich auf der Fläche befindenden Bäume ab einem empfohlenen Brusthöhendurchmesser (BHD) von 7,5 cm werden anschließend inventarisiert (Kraus et al. 2016b). Hierbei wird für jeden Baum ein ökonomischer sowie ein ökologischer Wert vergeben. Der ökonomische Wert ergibt sich aus dem Volumen, der Stammqualität und lokalen Holzpreisen für jeden einzelnen Baum. Der ökologische Wert hingegen basiert auf der Bewertung der Habitatstrukturen, welche im Katalog der Baummikrohabitate von Kraus et al. (2016a) beschrieben sind (Schuck et al. 2015a). Durch die Integration der verschiedenen Parameter in eine Simulationssoftware können nun diverse waldbauliche Optionen und deren Auswirkungen auf das Ökosystem Wald geprüft werden. Das Konzept der Marteloscope ermöglicht auf diese Weise sowohl eine Diskussion ökologischer und ökonomischer Effekte als auch eine Verbindung zwischen Diversitätsschutz und ökonomischen Zielsetzungen im Wirtschaftswald (Kraus et al. 2016b).

Außerdem wurde zur Erhaltung von gefährdeten Arten und Lebensraumtypen und zum Schutz der biologischen Vielfalt ein Schutzgebietsnetz von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union errichtet. Dieses Netz wird als „Natura 2000“ bezeichnet und setzt sich zusammen aus den Schutzgebieten der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und der Vogelschutz-Richtlinie. Die Schutzgebiete werden nach unterschiedlichen Schutzzwecken ausgewiesen. In Anhang I der FFH-RL sind die schützenswerten Lebensraumtypen aufgelistet und in Anhang II sind die Tier- und Pflanzenarten zu finden (RL 92/43/EWG 2007). Erforderliche Erhaltungsmaßnahmen können in Managementplänen für die einzelnen Gebiete festgehalten werden, wobei eine Verfassung dieser freiwillig ist (Hipler et al. 2017). Das hauptsächliche Ziel der FFH-RL ist es, einen günstigen Erhaltungszustand der jeweiligen Schutzzwecke aufrechtzuerhalten beziehungsweise wiederherzustellen (Bundesamt für Naturschutz 2010). Es gilt ein verbindliches Verschlechterungsverbot für alle Waldbesitzer (Hipler et al. 2017). In Natura 2000 Gebieten gibt es besondere Regelungen für die Nutzung. Es sind zahlreiche Wald-Lebensraumtypen dem Schutzgebietsnetz zugehörig, daher kann man davon ausgehen, dass die forstwirtschaftliche Nutzung in der Regel weiterhin möglich ist (Bundesamt für Naturschutz 2010). Aus dem Grund, dass viele Wald-Lebensraumtypen überhaupt erst durch menschliche Nutzung entstanden sind, sind sie auch auf die weitere Nutzung angewiesen, damit sich der Erhaltungszustand nicht verschlechtert (Müller-Kroehling 2013). In diesem Fall ist es von besonderer Wichtigkeit, eine nachhaltige Nutzung mit Hinblick auf den Erhalt der biologischen Vielfalt zu praktizieren, wobei ein vielfältiges Strukturangebot aus Altbäumen und Totholz ein obligatorischer Bestandteil ist (Bundesamt für Naturschutz 2010). Häufig steht die Zielstärkennutzung, welche den größtmöglichen finanziellen Gewinn bringen soll, der Entwicklung strukturreicher Bausteine im Weg. Zu den Vorgaben des Managementplans bezüglich der Bewirtschaftung des Waldes im FFH-Gebiet gehören unter anderem die Reduzierung des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes, die Vermeidung von flächigem Befahren, der Erhalt und die Entwicklung von Waldrändern sowie keine Holzernte von März bis August (Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt 2022). Der Forstbetrieb muss seine Bewirtschaftung so anpassen, dass der Erhaltungszustand der Schutzgüter sich nicht verschlechtert. Beispielsweise in Bayern zeigt sich eine Bereitschaft das Ziel von Natura 2000 besonders mit dem Erhalt von Biotopbäumen umzusetzen, wohingegen das Liegenlassen von Totholz nicht auf Begeisterung trifft (Hipler et al. 2017). Eine Anregung für die vorbildliche Bewirtschaftung des Waldes sind potenzielle Fördermittel für die Förster und Waldbesitzer (Müller-Kroehling 2013). Eine wichtige Voraussetzung für eine naturnahe Bewirtschaftung unter den Aspekten von Natura 2000 ist die Zusammenarbeit von Naturschutz und Forstwirtschaft und in diesem Sinne auch die Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber dem Schutz der Biodiversität (Hipler et al. 2017).

Bei der Waldbewirtschaftung müssen rechtliche Rahmenbedingungen eingehalten werden. Zu der naturschutzrechtlichen Situation im Wald lässt sich zunächst das BNatSchG erwähnen. In Kapitel 1 (Allgemeine Vorschriften) § 5 werden nähere Regelungen in Bezug auf die Forstwirtschaft getroffen. Dabei wird festgehalten: „Bei der forstlichen Nutzung des Waldes ist das Ziel zu verfolgen, naturnahe Wälder aufzubauen und diese ohne Kahlschläge nachhaltig zu bewirtschaften. Ein hinreichender Anteil standortheimischer Forstpflanzen ist einzuhalten.“ (BNatSchG, Kapitel 1, § 5 (3)). Des Weiteren geht das BNatSchG in Kapitel 4, Abschnitt 2 auf Regelungen im „Netz Natura 2000“ ein, die ebenfalls für die Forstwirtschaft gelten, wenn sich im Wald ein Schutzgebiet des Netzes Natura 2000 befindet. Das Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt setzt das BNatSchG in nationales Recht um und beinhaltet zusätzliche Ergänzungen. Hier findet man in § 23 die Grundlagen für die Gebietsausweisung und Anordnungen von Maßnahmen bezüglich der FFH-Gebiete. Außerdem sind geltende Gesetze für die Waldbewirtschaftung das Bundeswaldgesetz und das Landeswaldgesetz Sachsen-Anhalt. Die Unterschutzstellung von großflächigen Gebieten wirft das Problem der Akzeptanz in der Gesellschaft auf. Allgemein ist die Anerkennung von Naturschutz in der Öffentlichkeit stark im Wandel mit der Zeit und aktuellen Ereignissen, wobei es stets auf die Wertvorstellungen des Einzelnen ankommt (Ruschowski 2009). Es gibt verschiedene Einflussfaktoren auf die Einstellungen der Menschen gegenüber dem Naturschutz. Es ist vor allem nötig die betroffene Öffentlichkeit sowie die Landnutzer zu informieren, und eine zielgruppenorientierte Kommunikation durchzuführen (Ruschowski 2009). Finanzielle Anreize können auch die entsprechende Einwilligung hervorrufen, wobei der Fokus auf der Öffentlichkeitsarbeit und somit bei der Aufklärung der Menschen über Notwendigkeit und Aufgaben des Naturschutzes liegen sollte. Ein weiterer Aspekt, den es zukünftig zu untersuchen gilt, ist wie man die Schutzwürdigkeit der Wälder großflächig erfassen kann. Eine Schwierigkeit dabei stellt die Erfassung, Gewichtung und Bewertung aller im Wald vorkommenden Strukturen dar (Pfeiffer 2020). Es benötigt Methoden, um herauszufinden, wo der höchste Schutzbedarf vorliegt und welcher Waldbestand die meisten Defizite aufweist. Hier ist weiterer Forschungsbedarf vonnöten, bevor es zum standardmäßigen Einsatz solcher Methoden in der Forstpraxis kommt, da ökologische Aspekte sehr komplex und somit nie allumfänglich erfassbar sind (Pfeiffer 2020). Solche Bewertungsmethoden wären ebenso wie die Marteloscope, eine Hilfe für die Planung zukünftiger Eingriffe, um den Wald und seine vielfältigen Funktionen zu schützen und zu erhalten.

Innerhalb der Bachelorarbeit wurde ein Marteloskop im Landeswaldrevier „Hoher Fläming“ in Sachsen-Anhalt angelegt. Während der Einrichtung des Marteloskopes wurden die in Schuck et al. (2015b) beschriebenen Methoden und Verfahren berücksichtigt. Da sich die Fläche in einem Fauna-Flora-Habitat-Gebiet (FFH-Gebiet) innerhalb zweier Lebensraumtypen befindet, wurde der dazugehörige Managementplan in die Untersuchungen einbezogen. Dabei sollte ermittelt werden, ob die darin aufgeführten Strategien zum Erreichen des Zielzustandes mit Hilfe eines Marteloskopes abgebildet werden können. Weiterhin wurde untersucht, ob darüber hinaus noch andere Strategien ergänzt und abgebildet werden können, um einen ungünstigen Erhaltungszustand zu verbessern und einen günstigen Erhaltungszustand beizubehalten. Zusätzlich erfolgte die Aufnahme des Totholzes auf Grundlage der Kartieranleitung für die Lebensraumtypen in Sachsen-Anhalt vom LAU (2014). Die Ergebnisse wurden anschließend analysiert und auf Defizite in Bezug zur Datenaufnahme für das Marteloskop untersucht. Letztlich wurde sich damit auseinandergesetzt, ob sich die Förderung ökonomisch hochwertiger Baumarten mit der Verbesserung der Waldbiodiversität in Einklang bringen lässt. In Bezug darauf wurde der Zusammenhang zwischen der jeweiligen Baumart und den dazugehörigen spezifischen Habitaten beleuchtet.

2. Material und Methoden

2.1 Gebietsbeschreibung

Im Osten Sachsen-Anhalts befindet sich im Landkreis Anhalt-Bitterfeld nahe der Landesgrenze zu Brandenburg das ca. 3000 ha große Forstrevier „Hoher Fläming“, welches durch den Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt bewirtschaftet wird. Im süd-westlichen Teil des Reviers (Abteilung 1365 a1) liegt die 1 ha große Untersuchungsfläche, welche zur Anlage des Marteloskopes diente (Abbildung 1). Angrenzend befindet sich die „Paradies“-Wiese, welche ausschlaggebend für die Namensgebung des Marteloskopes war. Nahe der Untersuchungsfläche lässt sich der Ortsteil Bärenthoren, zugehörig der Ortschaft Polenzko, verorten.

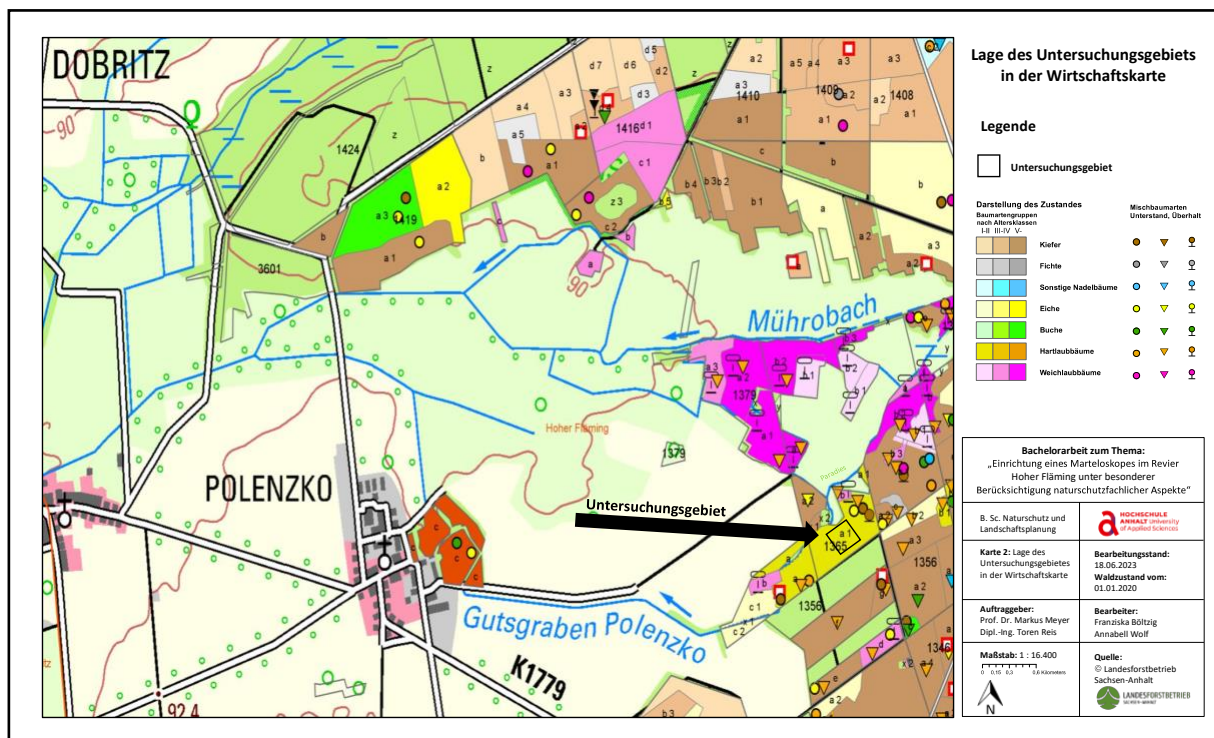


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes in der Wirtschaftskarte

Entsprechend der Landschaftsgliederung Sachsens-Anhalts (Reichhoff et al. 2001) kann die Untersuchungsfläche der Landschaftseinheit „Hochfläming“ zugeordnet werden, welche in unmittelbarer Nähe an den Roßlau-Wittenberger Vorfläming anschließt. Das Erscheinungsbild der umgebenden Landschaft wurde durch den Einfluss des Eiszeitalters geformt (Reichhoff et al. 2001). Geomorphologisch betrachtet, kann die Entstehung der Untersuchungsfläche innerhalb des Forstreviers, auf das Warthestadium der Saalevereisung zurückgeführt werden. Die Fläche befindet sich im nordostdeutschen Tiefland am Fuße einer Endmoräne. Dabei handelt es sich um einen endmoränennahen Standort, welcher sich auf einer Grundmoräne befindet, die vom Sander geformt wurde (Greger 2021).

Die Hauptbodenform bildet im Revier „Hoher Fläming“ die Nedlitzer Sand-Braunerde (NeS). Charakteristisch für diese Bodenform ist zunächst ein mit Humus angereicherter flacher Ah-Horizont, der eine Dicke von weniger als 5 cm aufweist. Dies deutet auf eine moderate Bodenaktivität und Fruchtbarkeit hin. Weiterhin tritt bei der NeS eine geringe Verbraunungstiefe mit 35 cm bis 45 cm auf. Bei einer Gegenüberstellung mit anderen Braunerden fällt auf, dass die NeS lediglich mittelbraun und somit weniger kräftig gefärbt ist.

Ausschlaggebend dafür sind ein niedriger Grad an Eisenverwitterung und ein geringes Ausmaß an Verlehmung. Vor allem im Bereich des Untersuchungsgebietes weisen die Sandflächen eine Lehmunterlagerung (< 2 m) auf. Die Stamm-Nährkraft des Bodens wird der Nährkraftstufe „M“ zugeordnet, welche ein mittleres beziehungsweise mäßiges Nährstoffpotenzial kennzeichnet (Greger 2021).

Klimatisch betrachtet, befindet sich das Revier im Großklimabereich Epsilon, welcher dem Flämingklima zugehörig ist. Dort herrscht ein gemäßigtes Klima, welches durch den Übergang zwischen dem maritimen und dem kontinentalen Klimatyp gekennzeichnet ist. Dabei tritt ein Jahresniederschlag von 540 mm bis 620 mm auf. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 7,5 °C bis 8 °C (Greger 2021).

Die Untersuchungsfläche wird vom Landschaftsschutzgebiet „Westfläming“ (LSG0068AZE) und vom Naturpark „Fläming/Sachsen-Anhalt“ (NUP007LSA) umgeben. Darüber hinaus liegt die Untersuchungsfläche im FFH-Gebiet „Obere Nutheläufe“ (FFH0059LSA). Dabei handelt es sich um ein 909 ha großes Schutzgebiet, welches aus den drei größeren Zuflussbächen der Nuthe und ihren Niederungsbereichen besteht (LAU Sachsen-Anhalt 2022). Innerhalb des gesamten FFH-Gebiets treten diverse Lebensraumtypen auf. Ein kleinerer Teil der Untersuchungsfläche lässt sich dem Wald-Lebensraumtyp „91E0 – Auenwälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior* (Alno-Padion)“ (Knapp 1948) zuordnen. Dieser Lebensraumtyp weist einen derzeitigen Erhaltungszustand von „B“ auf, welcher für „günstig“ steht. In der Nähe des Lebensraumtypen erstreckt sich der Gutsgraben Polenzko, welcher im Zusammenhang mit der Herausbildung dieses Lebensraumtypen steht. Der größte Teil der Fläche liegt jedoch im Wald-Lebensraumtyp „9160 – Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Eichen-Hainbuchenwald (*Carpinion betuli*)“ (Issler 1931 emend. Oberdorfer 1957). Dieser Lebensraumtyp hat einen derzeitigen Erhaltungszustand von „C“, was für „ungünstig“ steht (LAU Sachsen-Anhalt 2022).

Aufgrund der verschiedenen vorherrschenden Lebensraumtypen ist die zu erwartende Artenzusammensetzung der Untersuchungsfläche unterschiedlich. Der Verband *Carpinion betuli* setzt sich nach dem Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts (Schubert 2001) aus den diagnostisch wichtigen Baumarten *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Quercus petraea* (Trauben-Eiche), *Quercus robur* (Stiel-Eiche) und *Tilia cordata* (Winter-Linde) zusammen. Nach der Kartieranleitung der Lebensraumtypen Sachsen-Anhalts (LAU Sachsen-Anhalt 2014) können beispielsweise *Acer pseudoplatanus* (Berg-Ahorn), *Acer platanoides* (Spitz-Ahorn), *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle), *Betula pendula* (Sand-Birke), *Crataegus spec.* (Weißdorn) und einige weitere Baumarten als Begleitarten auftreten. Für den Verband Alno-Padion (Syn. Alno-Ulmion Braun-Blanquet et Tüxen 1943) sind nach Schubert (2001) *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche), *A. glutinosa*, *Ulmus minor* (Feld-Ulme) und *Ulmus laevis* (Flatter-Ulme) charakteristische Baumarten. Begleitarten dieses Verbandes können unter anderem *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides*, *C. spec.*, *Q. robur* und weitere Baumarten sein.

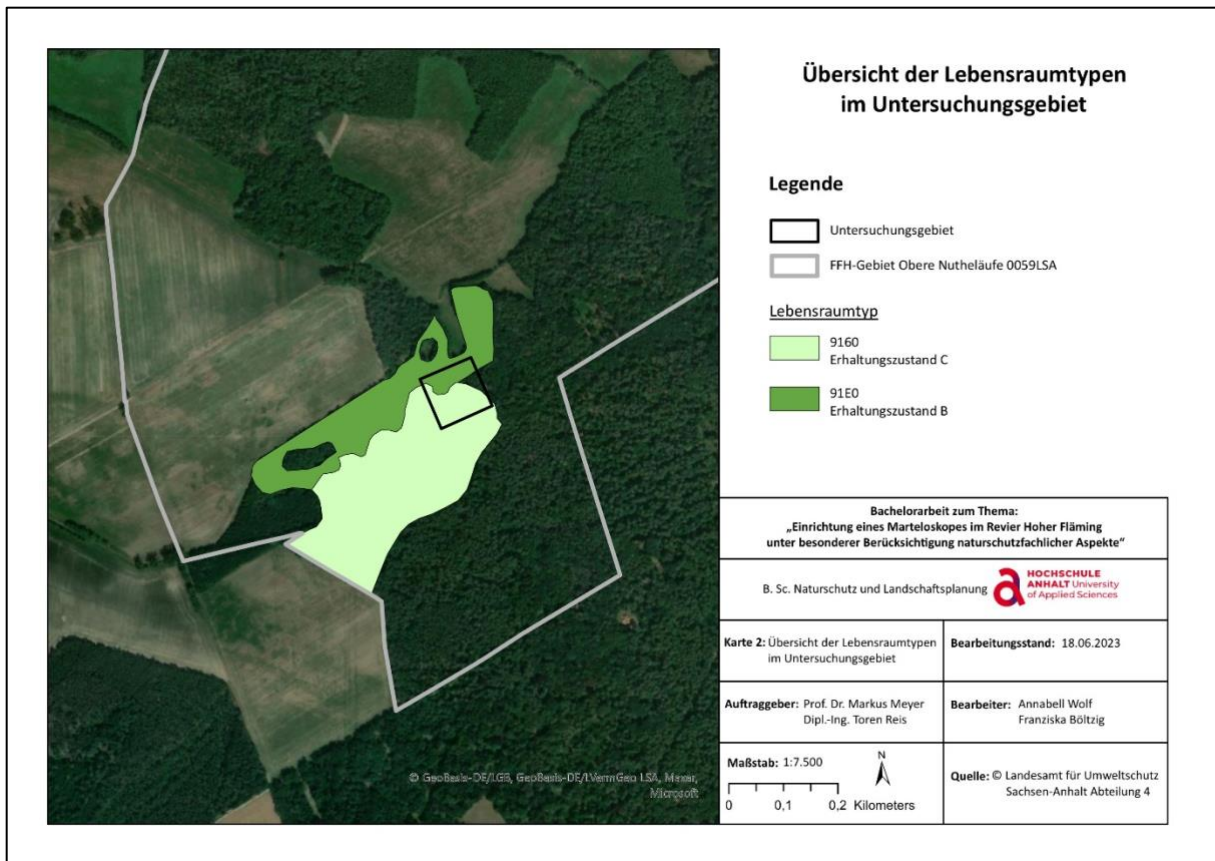


Abbildung 2: Übersicht der Lebensraumtypen im Untersuchungsgebiet

Wie man in Abbildung 2 erkennen kann, befindet sich ein übriger, sehr kleiner Teil der Fläche zwar im FFH-Gebiet, jedoch kann ihm kein Lebensraumtyp zugewiesen werden. Nach der Bestimmung auf Grundlage des Prodrromus der Pflanzengesellschaften (Schubert 2001) ist dieser Teil der Fläche dem Verband Alno-Ulmion zuzuordnen.

2.2 Auswahl des Untersuchungsgebietes

Die Fläche des Marteloskopes musste 1 Hektar in quadratischer Form umfassen, was wichtig war, um die Fläche später ohne Verzerrungen in die Software übertragen zu können. Das Gebiet sollte eine entsprechende Artenzusammensetzung aufweisen, was bedeutet, dass verschiedene Baumarten vorhanden sein sollten und es sich nicht um eine Monokultur handelt. Die hohe Artenvielfalt in dem Bestand ist für das Vorhandensein von Baummikrohabitaten interessant. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen der jeweiligen Baumart und den darauf vorkommenden Habitaten untersucht. Eine strukturreiche Zusammensetzung der Altersklassen auf der Fläche war weiterhin wichtig, da davon auszugehen war, dass Bäume eines hohen Alters mehr Mikrohabitats aufweisen würden. Es sollte in dem Untersuchungsgebiet waldbaulichen Handlungsbedarf geben, da es in der Simulation ein erstrebenswertes Ziel geben muss, vor dessen Hintergrund man die Bäume auswählt. Mit Blick auf die Intention der Arbeit war es obligatorisch, dass die Fläche sich in einem naturschutzfachlich interessanten Gebiet befindet. Zielsetzung war es unter anderem zu untersuchen, ob sich die Maßnahmen des Managementplans mit Hilfe des Marteloskopes abbilden lassen. Hierfür war es wichtig, dass das Untersuchungsgebiet in einem FFH-Gebiet liegt. In diesem Fall befindet es sich in dem ausgewiesenen FFH-Gebiet 0059 „Obere Nutheläufe“. Weiterhin bedeutsam war, dass sich die ausgewählte Fläche vollständig in ausgewiesenen Lebensraumtypen befindet.

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, handelt es sich dabei zum einen um den Lebensraumtyp „91E0 - Auenwälder mit *Alnus glutinosa* und *Fraxinus excelsior*“ und zum anderen um den Lebensraumtyp „9160 - mitteleuropäischer Stieleichenwald“. Im Übrigen wurde darauf geachtet, dass die Fläche ein hohes Vorkommen an Totholz aufweist, da dies ebenfalls analysiert werden sollte. Mit dem Wissen, dass das Marteloskop in Zukunft für Exkursionen genutzt werden soll, musste darauf geachtet werden, dass das Gebiet gut zu erreichen ist. Des Weiteren sollte man es gut durchqueren können und es muss möglich sein, an jeden Baum zu gelangen und ihn zu betrachten. Dies ist wichtig, da in der Simulation für jeden Baum eine individuelle Entscheidung getroffen wird, und deshalb jeder Parameter gut sichtbar sein sollte. Der Wald wird vom Landesforstbetrieb Anhalt bewirtschaftet, weswegen die Standortwahl mit dem zuständigen Revierleiter abgesprochen werden musste.

2.3 Datenaufnahme

Für die Aufnahme der Daten wurde zunächst damit begonnen, die Fläche auszumessen. Dabei war es nötig, 1 Hektar abzumessen, wobei jede Seite des Quadrats genau 100 m lang sein musste. Zunächst wurde bei der ersten Seite ein Waldweg zur Orientierung genutzt und jeweils 90° für die beiden Seiten gemessen. Die Länge der Seiten wurde mittels eines Maßbands gemessen, wobei Peilstangen als Orientierungshilfe dienten, welche mit der Bussole exakt ausgerichtet wurden. Es wurde zunächst der äußere Rand des Quadrats eingemessen und danach die Mitte der gesamten Fläche. Hierbei entstanden dann ebenfalls die Grenzen für die vier einzelnen Quadranten. Im Anschluss wurden für diese ebenfalls die jeweiligen Mittelpunkte markiert. Die Markierung der Mittelpunkte erfolgte mittels Holzpfählen, wobei die Mitte des Hektars eine rote Farbe bekam und die Mitten der Quadranten blau gekennzeichnet wurden. Die äußeren Ränder wurden für die allgemeine Orientierung temporär mit Absperrband abgegrenzt, welches jedoch nach der Datenaufnahme entfernt wurde. In Abbildung 3 ist der Aufbau des Marteloskopes skizziert dargestellt.

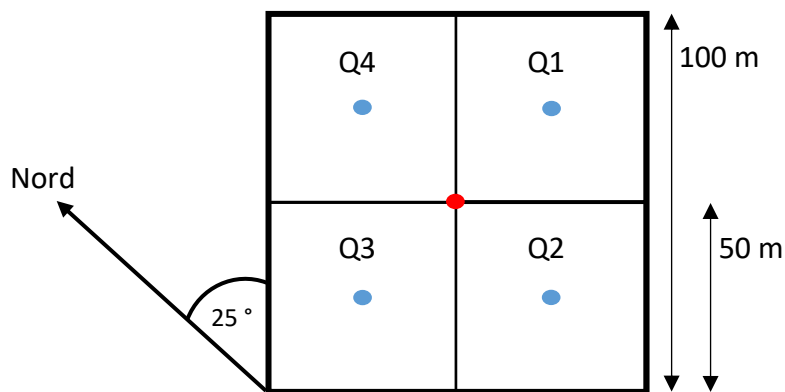


Abbildung 3: Aufbau des Marteloskopes

Nachdem die Fläche vollständig eingemessen worden war, konnte mit der Aufnahme der Bäume begonnen werden. Hierbei wurden zunächst alle Bäume gekloppt, damit festgestellt werden konnte, welche mindestens 7 cm BHD haben und somit aufgenommen werden mussten. Für diese Betrachtung wurde als Messinstrument die in der Forstwirtschaft oft gebrauchte Kluppe verwendet. Da nun bekannt war, welche Bäume in die Datenaufnahme integriert werden mussten, wurden diese mittels Drahtbürste und Bügelschaber gesäubert. Dies ist wichtig, um die Markierung mit Farbe haltbarer zu machen.

Es folgte eine Markierung mit einem weißen Strich auf der Höhe von 1,30 m, um die Höhe für den BHD zu kennzeichnen. Hierfür diente eine 1,30 m lange Holzlatte als Hilfsmittel. Im nächsten Schritt wurde dann die Baumart mit entsprechender Fachliteratur bestimmt (Roloff & Bärtels 2018), wobei jeder Baum mit einer nummerierten Plakette versehen wurde. Darauffolgend musste der BHD auf der markierten Höhe gemessen werden, wofür ein Durchmesser-Maßband genutzt wurde. Im Anschluss daran wurde dann für jeden Baum die Höhe und nochmal extra die Höhe des Kronenansatzes mit dem Höhenmesser „Vertex 5“ und Transponder „T3“ (von der Marke Haglöf Sweden AB) gemessen. Dieses Gerät wurde außerdem für die verschiedenen Höhen der einzelnen Segmente der Qualitätsklassen des Stammes verwendet. Die Sortierung der Qualitätsklassen für jeden Baumstamm erfolgte auf der Grundlage der „Rahmenvereinbarung für den Holzhandel in Deutschland“ (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2020). Hierbei konnte jeder Stamm in die folgenden Qualitäten gegliedert werden: A, B, C, D/Industrieholz oder Energieholz/Brennholz. Als Nächstes wurden an jedem Baum die Mikrohabitate erfasst. Dafür wurde ein Fernglas genutzt, wobei die Habitate mit dem „Katalog der Baummikrohabitate - Referenzliste für Feldaufnahmen“ (Kraus et al. 2016a) bestimmt wurden. Im Anschluss wurden dann die Koordinaten für jeden Baum ermittelt, wobei ein GPS-Gerät mit RTK-Signal „GRX3 GNSS Receiver“ der Marke Sokkia inklusive eines Tablets „Samsung Galaxy Tab Active 3“ mit dem Android-Betriebssystem, welches das Koordinatensystem ETRS 89 UTM 32 nutzt, zum Einsatz kam. Nach den Außenaufnahmen mussten die Rohdaten in Excel überführt werden, wobei eine Tabelle vom EFI als Vorlage diente. Diese Tabelle wurde anschließend an das EFI übermittelt, welches dann die fehlenden Parameter errechnete. Bei diesen Parametern handelt es sich um folgende: die Volumina der verschiedenen Qualitätsklassen, die Bestandsgrundfläche, den Geldwert und den Standort in der Karte. Für das gesamte Marteloskop wurden zudem diese Parameter ermittelt: Grundfläche, Vorrat und der Habitatwert. Weiterhin wurde ein Diagramm über die Baumartenverteilung, die Verteilung der Baummikrohabitate und BHD-Verteilung, sowie eine Stammfußkarte erstellt. Für die Darstellung der Standorte der Bäume auf der Karte musste von unserer Seite zusätzlich der Azimuth (die Abweichung zu Norden) der linken Ecke des Marteloskopes ermittelt werden, was mit Hilfe einer Bussole zu dem Ergebnis 25 ° in Richtung Westen führte. Weiterhin wurde vom EFI ein Infoblatt für unsere Fläche erstellt, welches auf der Internetseite für jeden abrufbar ist und die wichtigsten Informationen für das Marteloskop enthält (siehe Anhang Abbildung A1).

Schließlich ergibt sich für jeden Baum ein ökonomischer und ein ökologischer Wert. Der ökologische Wert, auch Habitatwert genannt, entsteht durch die Aufnahme der Habitate. Hierbei werden diese Baummikrohabitate mit Punkten bewertet, je nachdem wie deren Entstehungsdauer und Seltenheit sind. Der ökonomische Wert setzt sich zusammen aus dem Volumen, der Stammqualität und den aktuellen Holzpreisen des Revierförsters (Tabelle 1) (Schuck et al. 2015a).

Tabelle 1: Holzpreisliste des Försters (Stand 15.12.2022)

Qualitäten in €/Efm Baumarten	B-Qualität	C-Qualität	D-Qualität/ Industrieholz	Energieholz/ Brennholz
<i>Pinus</i>	110	80	50	15
<i>Quercus</i>	400	210	45	15
<i>Prunus</i>	400	150	45	15
<i>Acer</i>	250	120	45	15
<i>Alnus</i>	120	60	40	15
<i>Picea</i>	140	80	50	15
<i>Betula</i>	90	60	50	15
<i>Fraxinus</i>	220	90	50	15
<i>Robinia</i>	120	70	50	15
<i>Ulmus</i>	120	50	40	15
<i>Tilia</i>	120	50	40	15
<i>Pyrus</i>	300	150	50	15
<i>Carpinus</i>	90	60	50	15
<i>Crataegus</i>	100	60	40	15
<i>Cornus</i>	100	60	40	15

Für den wirtschaftlichen Wert eines jeden Baumes wird zunächst die visuelle Einteilung in verschiedene Qualitätsklassen benötigt. Hierbei müssen lokale Kriterien für die Bewertung beachtet werden. Weiterhin spielt ein lokal angepasster, artspezifischer Verjüngungsfaktor für die Ermittlung der Volumina der Gehölze eine Rolle. Das Volumen (V) wird für jedes einzelne Segment mit einer bestimmten Qualität auf Grundlage des mittleren Durchmessers (dm) des Qualitätsabschnitts und der Länge des Segments (L) errechnet (Formel 1) (Kraus et al. 2018).

Formel 1: Berechnung des Volumens eines Segmentes

$$V = \left(\frac{dm}{100}\right)^2 * \frac{\pi}{4} * L$$

Schließlich kann der ökonomische Wert mittels der Volumina der Segmente des Stammes, der Qualitätsklassen und den aktuellen Holzpreisen berechnet werden. Dieser Wert dient dann zur Bewertung der einzelnen Gehölze und ist mit dem Habitatwert maßgeblich für die Entscheidungen in der Simulation.

Die folgende Formel (Formel 2) und ihre Erläuterung entsprechen dem Bericht von Kraus et al. (2018). Die verschiedenen Baummikrohabitate sind unterschiedlich selten und haben jeweils andere Entwicklungsgeschwindigkeiten. Aus diesem Grund wird mittels der Parameter N_j (Nummer der Mikrohabitate des Typen j), R (Seltenheitswert des Habitat-Typen), D (Entwicklungsdauer und Verfügbarkeit), s (Größenbewertung des Habitates in der Gruppe) der Habitatwert H_i des Baumes i ermittelt.

Formel 2: Berechnung des Habitatwertes für einen Baum

$$H_i = \sum_{j=1}^n N_j * S_j * (R_j + D_j)$$

In naturnahen Wäldern wird der Seltenheitswert (R) zwischen 1 (sehr gewöhnlich) und 5 (sehr selten) bewertet. Bei der Entwicklungszeit (D) wird wieder von 1-5 benotet, wobei 1 eine sehr schnelle Entwicklung oder die Verbindung zu einem häufig vorkommenden Ereignis bedeutet. Der Wert 5 wird vergeben, wenn das Habitat sehr langsam in seiner Entstehung ist, oder von einem sehr seltenen Ereignis abhängig ist. Die Größenbewertung in der Formel sagt aus, dass beispielsweise eine Spechthöhle mit einem Durchmesser von 4 cm (CV11) weniger wertvoll ist als eine Spechthöhle mit einem Durchmesser von über 10 cm (CV13). Dieser Habitatwert wird für jeden Baum im Marteloskop vom EFI errechnet, wodurch es möglich wird, alle Bäume miteinander zu vergleichen.

Der Wert für jeden Habitat-Typen ergibt sich aus Formel 3 (schriftl. Mitteilung, Schuck & Sergey 2023):

Formel 3: Berechnung des Wertes für ein Habitat

$$HW = (Development + Rarity) * Score$$

$$\text{Beispiel: CV11} = (2 + 4) * 2 = 12$$

$$\text{CV13} = (4 + 4) * 4 = 32$$

Die Punktevergabe für die Baummikrohabitate wird in Tabelle 3 aufgeführt. Dieser Ansatz für die Wertigkeit der Habitate wurde von Experten ermittelt und dient den Schulungszwecken der Marteloskope, wobei dieser mit der Zeit auch aktualisiert und verändert werden kann (schriftl. Mitteilung, Schuck & Sergey 2023).

2.4 Simulation

Für die Durchführung der Simulation war die Installation der Software „I+ Trainer“ notwendig. Diese Software wurde innerhalb des Projekts „Integrate+“ entwickelt und kommt auf Tablet-Computern zur Anwendung (Schuck et al. 2015a). Lediglich auf mobilen Geräten mit einem Android-Betriebssystem und auf Windows-Geräten (mit Hilfe des „Emulator Ansatzes“) kann die „I+ Trainer“ Software auf der „Iplus“-Webseite (<http://iplus.efi.int/>) als App installiert werden. Dafür ist jeweils eine Version für Intel Prozessoren sowie für ARM-v7-Prozessoren verfügbar (Derks et al. 2022). Zur Durchführung der Simulation wurde ein Tablet der Marke Samsung mit der Modellbezeichnung „Galaxy Tab A (2016)“ verwendet. Nach dem Öffnen der zuvor installierten Software, wurden die Daten für das Marteloskop „Am Paradies“ heruntergeladen, woraufhin die digitalisierte Fläche auf dem Bildschirm erschien. Zum einen war eine Karte dargestellt, auf der alle erfassten Bäume in Form von Kreisen, nummeriert und mit unterschiedlichen Farben (je nach Baumart) abgebildet wurden (Abbildung 4).

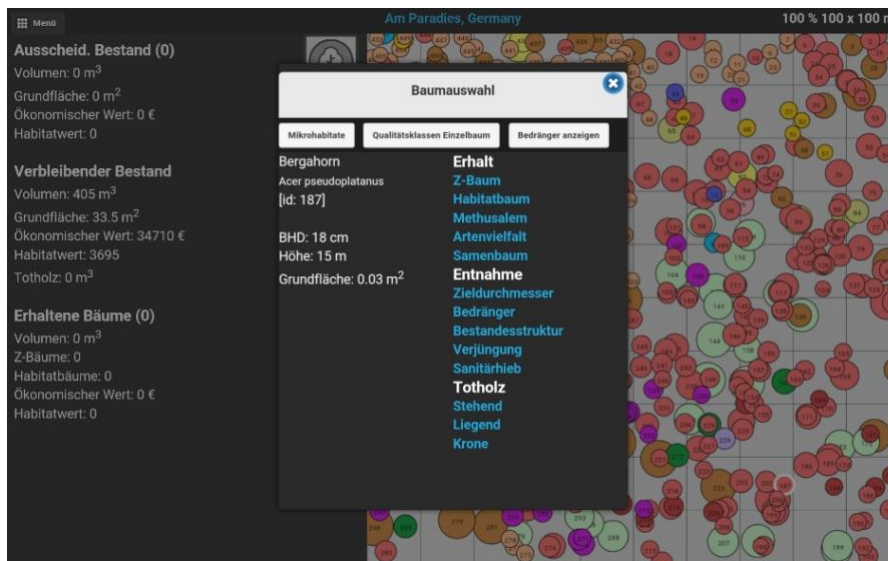


Abbildung 4: Benutzeroberfläche der Software „I+“

Zum anderen waren Daten über den verbleibenden Bestand, den ausscheidenden Bestand und über erhaltene Bäume abgebildet, welche sich während der Simulation stets verändert haben. Es bestand nun die Möglichkeit, jeden einzelnen Baum auszuwählen und sich dafür die aufgenommenen Parameter, wie die Mikrohabitate, Qualitätsklassen, Höhe, Baumart und den BHD, anzeigen zu lassen. Weiterhin konnten andere Bäume, die als Bedränger des ausgewählten Baumes gelten, aufgezeigt werden. Die Software ermöglichte es außerdem nach bestimmten Baumnummern zu suchen. Bei jedem Baum war es möglich zu entscheiden, ob er speziell erhalten oder entnommen werden sollte. Für den Erhalt standen unterschiedliche Gründe zur Auswahl. Dabei konnte zwischen den Gründen „Z-Baum“, „Habitatbaum“, „Methusalem“, „Artenvielfalt“ oder „Samenbaum“ entschieden werden. Wurde sich für einen Grund zum Erhalt eines Baumes entschieden, ist dieser in der Karte mit einer grünen Umrandung markiert worden. Sollte ein Baum aus dem Bestand entnommen werden, war zwischen den Gründen „Zieldurchmesser“, „Bedränger“, „Bestandesstruktur“, „Verjüngung“ und „Sanitärhieb“ zu wählen. Der entnommene Baum wurde daraufhin gelb umrandet. Darüber hinaus war es möglich, einen Baum im Bestand zu belassen, ohne ihn speziell erhalten zu müssen. Hierfür wurde lediglich keine von den vorangegangenen Optionen ausgewählt. Allgemein bestand die Option, einen gewünschten Bereich an BHD zu filtern und für diesen eine Entnahme oder einen Erhalt der Bäume festzulegen. Zuletzt konnten die Bäume außerdem als stehendes, liegendes oder als Kronenotoholz markiert werden, woraufhin sie jedoch automatisch aus dem Bestand ausgeschieden waren. Im Allgemeinen beruht der Algorithmus der Software auf der individuellen Entscheidungsbasis hinsichtlich der Aufgabenstellung für die waldbauliche Übung. Es ist daher möglich, zum Beispiel ökonomisch hochwertige Bäume zu entnehmen, ohne auf deren Habitatwert zu achten. Innerhalb der Simulation kann somit im Rahmen der vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten alles Erdenkliche im eigenen Ermessen ausgeführt werden. Die Simulationssoftware „I+“ gibt lediglich eine Auskunft über jeden einzelnen Baum, führt den Befehl über die Entnahme oder den Erhalt aus und erstellt im Anschluss der Simulation Grafiken, welche die Ergebnisse zusammenfassen.

2.5 Strategien des Managementplans

Ziel der Simulation war es primär zu untersuchen, ob die Strategien des Managementplans (LAU Sachsen-Anhalt 2022), zur Bewirtschaftung eines Lebensraumtypen, in der Simulation abgebildet werden können. Weiterhin sollte geprüft werden, ob bisher nicht aufgeführte Strategien ergänzt werden könnten. Da auf der Fläche zwei verschiedene Lebensraumtypen vorherrschen, unterscheiden sich die Strategien partiell. Die folgenden Abschnitte basiert auf den Ausführungen des Managementplans vom LAU Sachsen-Anhalt 2022.

Dem Lebensraumtyp 9160 werden diverse flächenspezifische Einzelmaßnahmen zugeordnet. Zum einen wird es als notwendig erachtet, mindestens drei Biotop- und/oder Altbäume pro Hektar auf der Fläche zu belassen. Wenn nur ein unzureichender Anteil vorhanden ist, sind dafür potenziell geeignete Bäume gezielt im Bestand zu belassen, damit sich diese dazu entwickeln können. Zum anderen soll mindestens ein Stück stehendes oder liegendes Totholz stärkerer Dimensionen pro Hektar im Bestand belassen werden. Bei einem derzeitigen Mangel soll künftig anfallendes Totholz angesammelt werden, um das Defizit an größeren Totholzdimensionen auszugleichen. Weiterhin erforderlich ist der aktive Erhalt des Anteils der lebensraumtypischen Hauptbaumarten, welcher sich beim Lebensraumtyp 9160 auf die Baumart *Q. robur* bezieht. Dabei ist es wichtig, die noch existenten Individuen beispielsweise durch Beseitigung von Konkurrenzvegetation zu erhalten und zu fördern. Auch der Anteil der Hauptbaumart *C. betulus* soll aktiv erhöht werden. Möglich ist dies beispielsweise durch eine Nesterpflanzung von *C. betulus* in Bestandslücken. Zuletzt sieht der Managementplan eine aktive Entfernung lebensraumtyp-fremder Baumarten, wie in diesem Fall *Prunus serotina* (Späte Traubenkirsche) sowie die Beseitigung von Müll und organischen Ablagerungen vor.

Die flächenspezifischen Einzelmaßnahmen für den Lebensraumtyp 91E0 sind in Bezug auf die Anforderungen an Biotop- und Altbäume sowie an das Totholz identisch zu denen des Lebensraumtypen 9160. Im Lebensraumtyp 91E0 gilt *A. glutinosa* als Hauptbaumart, deren Anteil aktiv erhöht werden soll. Auch in diesem Fall wird eine Nesterpflanzung in Bestandslücken vorgeschlagen. Aktiv beseitigt werden sollen die lebensraumtyp-fremden Baumarten *P. serotina*, *Fraxinus pennsylvanica* (Rot-Esche), *Populus xcanadensis* (Bastard-Pappel) und die lebensraumtyp-fremde Pflanzenart *Parthenocissus inserta* (Wilder Wein). Darüber hinaus sollen im Lebensraumtyp 91E0 organische Ablagerungen entfernt und der Wasserhaushalt stabilisiert werden. Eine Befahrung wird untersagt.

Weiterhin werden im Managementplan gemäß Natura 2000-Landesverordnung (2018) allgemeine Behandlungsgrundsätze (Kapitel 2, § 8) sowie Behandlungsempfehlungen (Anlage 4, § 3) aufgeführt, die für beide Lebensraumtypen gleichermaßen gelten. Bei den allgemeinen Behandlungsgrundsätzen fällt für die Umsetzung in der Simulation das Belassen von Horst- und Höhlenbäumen sowie die Erhaltung beziehungsweise Förderung lebensraumtypischer Baumarten darunter. Den Behandlungsempfehlungen zufolge ist zum einen die Sicherung und Förderung einheimischer, gebiets- und lebensraumtypischer Arten innerhalb der Waldbewirtschaftung angeordnet. Zum anderen soll die Naturverjüngung unter Rücksichtnahme des Lebensraumtyp-Artenspektrums und der Anteil an Eiche in Eichen-Lebensraumtypen durch Mischungsregulierung gefördert werden. Eine möglichst umfangreiche Anzahl an Alt- und Biotopbäumen beziehungsweise ein hoher Totholzanteil sollen im Bestand angereichert werden.

Darüber hinaus gibt es gebietsbezogene für das Schutzgut erforderliche Maßnahmen, welche sich bei den Lebensraumtypen 9160 und 91E0 zum Teil unterscheiden. Überwiegend werden dabei Maßnahmen beschrieben, welche sich auf die Fläche der darauf stehenden Gehölze beziehen.

Bei beiden Lebensraumtypen wurde eine Aktualisierung der hydrogeologischen Grundkenntnisse, die Stabilisierung des Wasserhaushalts und die Bekämpfung von Neophyten (*P. serotina*) angeordnet. Im Lebensraumtyp 9160 kommt die Maßnahme der Anpassung der Jagdstrategie auf hohe Wilddichten dazu. Für den Lebensraumtyp 91E0 ist es notwendig, eine verstärkte Überwachung der naturschutzrechtlichen Bestimmungen sowie eine konsequente Strafverfolgung bei unsachgemäßem Beschneiden von Gehölzen entlang von Gewässern zu gewährleisten. Es ist außerdem erforderlich, Flächen zu sichern, um einen natürlichen Pendelraum mit Sekundäraue zu schaffen, was insbesondere für Galeriewälder von Bedeutung ist.

Bei den allgemeinen Behandlungsgrundsätzen sowie Behandlungsempfehlungen für die Bewirtschaftung von Wald-Lebensraumtypen wurden nur solche erwähnt, welche relevant für die Umsetzung in der Simulation sind. Dahingegen sind von den gebietsbezogenen, für das Schutzgut erforderlichen Maßnahmen sowie die flächenspezifischen Einzelmaßnahmen alle vollständig vermerkt worden.

Innerhalb der Simulation wurden die Strategien, so wie in Tabelle 2 dargestellt, umgesetzt. Dabei gab es für die meisten Strategien verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl.

Tabelle 2: Umsetzungsmöglichkeiten der Strategien des Managementplans in der Simulation

	Strategien des Managementplans (LAU 2022)	Umsetzungsmöglichkeiten in der Simulation
Lebensraumtyp 9160	Aktualisierung der hydrogeologischen Gebietskenntnisse	Umsetzung nicht möglich
	Stabilisierung des Wasserhaushaltes	Umsetzung nicht möglich
	Anpassung der Jagdstrategie auf hohe Wilddichten	Umsetzung nicht möglich
	Bekämpfung von Neophyten - hier: späte Traubenkirsche (<i>Prunus serotina</i>)	Entnahme des Baumes aus folgendem Grund: Bedränger, Bestandesstruktur oder Verjüngung
	Belassen von Biotop- und/oder Altbäumen (mind. 3 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum oder Methusalem
	Entwicklung von Biotop- und/oder Altbäumen (mind. 3 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt eines potentiellen Biotop-/Altbaumes aus folgendem Grund: Habitatbaum oder Methusalem

	Belassen von starkem stehenden oder liegenden Totholz (mind. 1 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt des Totholzes aus folgendem Grund: Habitatbaum
	Entwicklung von starkem stehenden oder liegenden Totholz (mind. 1 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt eines absterbenden Baumes aus folgendem Grund: Habitatbaum
	Aktiver Erhalt des Anteils der lebensraumtypischen Hauptbaumarten (hier: Eiche)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum, Methusalem, Artenvielfalt sowie Entfernung von Bedrängern
	Aktive Erhöhung des Anteils der lebensraumtypischen Hauptbaumarten (hier: Eiche durch Eichelsaat und Hainbuche durch Nesterpflanzung)	Umsetzung nicht möglich, lediglich Planung möglich, wo Eichelsaat/Nesterpflanzung stattfinden soll mittels Entfernung von Bäumen aus Gründen der Verjüngung
	Aktive Beseitigung lebensraumtyp-fremder Baumarten (hier: Späte Traubenkirsche)	Entnahme aus dem Bestand aus folgendem Grund: Bedränger, Bestandesstruktur oder Verjüngung
	Beräumung von Müll und organischen Ablagerungen	Umsetzung nicht möglich
Lebensraumtyp 91E0	Aktualisierung der hydrogeologischen Gebietskenntnisse	Umsetzung nicht möglich
	Stabilisierung des Wasserhaushaltes	Umsetzung nicht möglich
	Flächensicherung zur Schaffung eines natürlichen Pendelraumes mit Sekundäraue - Relevanz für Galeriewälder	Umsetzung nicht möglich

	Verstärkte Kontrolle naturschutzrechtlicher Vorgaben und Strafverfolgung hier: Unsachgemäßer Rückschnitt uferbegleitender Gehölze	Umsetzung nicht möglich
	Bekämpfung von Neophyten - hier: späte Traubenkirsche (<i>Prunus serotina</i>)	Entnahme aus dem Bestand aus folgendem Grund: Bedränger, Bestandesstruktur oder Verjüngung
	Belassen von Biotop- und/oder Altbäumen (mind. 3 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum oder Methusalem
	Entwicklung von Biotop- und/oder Altbäumen (mind. 3 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt eines potentiellen Biotop-/Altbaumes aus folgendem Grund: Habitatbaum oder Methusalem
	Belassen von starkem stehenden oder liegenden Totholz (mind. 1 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt des Totholzes aus folgendem Grund: Habitatbaum
	Entwicklung von starkem stehenden oder liegenden Totholz (mind. 1 Stück/ha)	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt eines absterbenden Baumes aus folgendem Grund: Habitatbaum
	Aktive Erhöhung des Anteils der lebensraumtypischen Hauptbaumarten (hier: Erle durch Nesterpflanzung)	Umsetzung nicht möglich, lediglich Planung möglich, wo Nesterpflanzung stattfinden soll durch Entfernung von Bäumen aus Gründen der Verjüngung
	Aktive Beseitigung lebensraumtyp-fremder Baumarten (hier: Späte Traubenkirsche, Rot-Esche, Hybrid-Pappel)	Entnahme aus dem Bestand aus folgendem Grund: Bedränger, Bestandesstruktur oder Verjüngung

	Aktive Beseitigung lebensraumtyp-fremder Pflanzenarten (hier: Wilder Wein)	Entnahme von Bäumen aus dem Bestand auf denen Wilder Wein wächst aus folgendem Grund: Bedränger, Bestandesstruktur oder Verjüngung
	Beräumung von organischen Ablagerungen	Umsetzung nicht möglich
	keine Befahrung	Umsetzung nicht möglich
	Wasserhaushalt stabilisieren	Umsetzung nicht möglich
allgemeine Handlungsgrundsätze (nur für die Umsetzung in der Simulation relevante Grundsätze und gültig für beide Lebensraumtypen)	Belassen von Horst- und Höhlenbäumen	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum
	Erhaltung bzw. Förderung lebensraumtypischer Gehölze	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum, Methusalem, Artenvielfalt oder Samenbaum; sowie die Entnahme von Bedrängern oder aus Gründen der Verjüngung
Behandlungsempfehlungen (nur für die Umsetzung in der Simulation relevante Empfehlungen und gültig für beide Lebensraumtypen)	Erhaltung und Förderung einheimischer, gebiets- und lebensraumtypischer Arten	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Habitatbaum, Methusalem, Artenvielfalt oder Samenbaum; sowie die Entnahme von Bedrängern
	Förderung Naturverjüngung unter Berücksichtigung des Lebensraumtyp-Artenspektrums	Entnahme von Bäumen aus dem Bestand aus folgenden Gründen: Bedränger, Verjüngung oder Bestandesstruktur
	Eichenanteile in Eichen-Lebensraumtypen durch Mischungsregulierung fördern	Eichen im Bestand belassen oder gezielter Erhalt aus folgendem Grund: Artenvielfalt; sowie die Entnahme von Bedrängern

	Belassen einer möglichst hohen Anzahl von Alt- und Biotopbäumen bzw. ein hoher Totholzanteil	Baum im Bestand belassen oder gezielter Erhalt eines potentiellen Biotop-/Altbaumes oder Totholz aus folgendem Grund: Habitatbaum oder Methusalem
--	--	---

2.6 Aufnahme der Habitate

Für die Erfassung der Habitate wurde der „Katalog der Baummikrohabitate - Referenzliste für Feldaufnahmen“ (Kraus et al. 2016a) als Grundlage verwendet. Des Weiteren dienten ein Fernglas und ein Gliedermaßstab als Hilfsmittel, um jeden einzelnen Baum bis in die Krone auf Mikrohabitate untersuchen zu können und um gewisse Strukturen abzumessen. Insgesamt gab es 64 mögliche Mikrohabitate, die auf acht Kategorien aufgeteilt sind. Alle Habitate und die zugehörigen Codes sind detailliert in Tabelle 3 zu finden. Die erste große Kategorie sind die Höhlen, welche nochmals untergliedert sind in Spechthöhlen, Stamm- und Mulmhöhlen, Asthöhlen, Dendrotelme und wassergefüllte Baumhöhlungen und abschließend noch Insektengallerien und Bohrlöcher. Dabei hat jede der Unterkategorien abermals Unterteilungen, beispielsweise die Asthöhlen sind aufgeteilt in die Durchmesser ab 5 cm, 10 cm oder ein gesamter hohler Ast. Der nächste Oberbegriff sind die Stammverletzungen und Bruchwunden. Diese sind gegliedert in freiliegendes Splintholz, freiliegendes Kernholz/ Stamm- und Kronenbruch und zuletzt Risse und Spalten. Eine weitere Kategorie ist die Rinde, welche unterteilt ist in Rindentaschen und Rindenstrukturen. Der Überbegriff Totholz ist nur einmalig untergliedert in Totäste/Kronentotholz. Die Gruppe Deformierung/Wuchsform ist aufgeteilt in Stammfußhöhlen, Hexenbesen und Krebse/Maserknollen. Die Kategorie der Epiphyten wird segmentiert in Pilzfruchtkörper, Myxomyceten und außerdem epiphytische Krypto- und Phanerogame. Die Gruppe Nester hat wiederum nur eine Untergruppe mit derselben Bezeichnung. Zu der letzten Gruppierung mit dem Titel „Andere“ werden Saft- und Harzfluss sowie Mikroböden zugeordnet. Jede Kategorie hat dabei eine eigene Abkürzung, welche sich in der Excel Tabelle für die Datenaufnahme wiederfindet. Ein anschauliches Beispiel ist hier die Gruppe der Deformierung/Wuchsform. Die Stammfußhöhlen erhalten dabei das Kürzel GR1, diese werden abermals unterteilt in GR11 mit einem Durchmesser über 5 cm, GR12 mit einem Durchmesser über 10 cm und GR13 die Stammspalten mit einer Länge über 30 cm. Weiterhin gibt es die Untergruppe der Hexenbesen mit dem Kürzel GR2, welche sich in GR21 Hexenbesen über 50 cm Durchmesser und GR22 Wasserreisser gliedern. Als letzte Gruppe gibt es die Krebse und Maserknollen mit der Abkürzung GR3, wobei diese in krebsartiges Wachstum über 20 cm Durchmesser GR31 und Krebs im Zerfallsstadium über 20 cm Durchmesser GR32 aufgeteilt werden. Jedes Habitat besitzt einen eigenen Wert, welcher in Form von Punkten angegeben wird und von Experten ermittelt wurde.

Tabelle 3: Übersicht der Baummikrohabitate gemäß Kraus et al. 2016a

Oberkategorie	Unterkategorie	Typ	Code	Punkte	
Höhlen	Spechthöhlen (CV1)	Ø = 4 cm	CV11	12	
		Ø = 5-6 cm	CV12	21	
		Ø > 10 m	CV13	32	
		Ø ≥ 10 cm (Fraßlöcher)	CV14	4	
		Höhlenetagen	CV15	50	
	Stamm- und Mulmhöhlen (CV2)	Ø ≥ 10 cm (Bodenkontakt)	CV21	20	
		Ø ≥ 30 cm (Bodenkontakt)	CV22	50	
		Ø ≥ 10 cm (ohne Bodenkontakt)	CV23	18	
		Ø ≥ 30 cm (ohne Bodenkontakt)	CV24	45	
		Ø ≥ 30 cm (halboffen)	CV25	16	
		Ø ≥ 30 cm (hohler Stamm)	CV26	8	
	Asthöhlen (CV3)	Ø ≥ 5 cm	CV31	8	
		Ø ≥ 10 cm	CV32	32	
		Hohler Ast	CV33	36	
	Dendrotelme und wassergefüllte Baumhöhlungen (CV4)	Ø ≥ 3 cm (Stammfuß)	CV41	6	
		Ø ≥ 15 cm (Stammfuß)	CV42	14	
		Ø ≥ 5 cm (Krone)	CV43	21	
		Ø ≥ 15 cm (Krone)	CV44	28	
	Insektengallerien und Bohrlöcher (CV5)	Gallerien mit einzelnen kleinen Bohrlöchern	CV51	4	
		Große Bohrlöcher Ø ≥ 2 cm	CV52	20	
Stammverletzungen und Bruchwunden	Freiliegendes Splintholz (IN1)	Freiliegendes Splintholz 25-600 cm ² Zerfallsstufe < 3	IN11	4	
		Freiliegendes Splintholz > 600 cm ² Zerfallsstufe < 3	IN12	8	
		Freiliegendes Splintholz 25-600 cm ² Zerfallsstufe = 3	IN13	12	
		Freiliegendes Splintholz > 600 cm ² Zerfallsstufe = 3	IN14	16	
	Freiliegendes Kernholz/Stamm- und Kronenbruch (IN2)	Stammbruch, Ø ≥ 20 cm an der Bruchstelle	IN21	14	
		Kronenbruch/Zwieselabbruch, freiliegendes Kernholz ≥ 300 cm ²	IN22	28	
		Starkastabbruch, Ø ≥ 20 cm an der Bruchstelle	IN23	24	
		Zersplitterter Stamm, Ø ≥ 20 cm an der Bruchstelle	IN24	32	
	Risse und Spalten (IN3)	Länge ≥ 30 cm, Breite > 1 cm, Tiefe > 10 cm	IN31	20	
		Länge ≥ 100 cm, Breite > 1 cm, Tiefe > 10 cm	IN32	30	
		Blitzrinne	IN33	40	
		Brandnarbe, ≥ 600 cm ²	IN34	40	
	Rinde	Rindentaschen (BA1)	Breite > 1cm, Tiefe > 10 cm, Höhe > 10 cm	BA11	30
			Mit Mulm, Breite > 1 cm, Tiefe > 10 cm, Höhe > 10 cm	BA12	10

	Rindenstruktur (BA2)	Grobe Rindenstruktur	BA21	6
Totholz	Totäste/ Kronentotholz (DE1)	Ø 10-20 cm, ≥ 50 cm, besonnt	DE11	7
		Ø > 20 cm, ≥ 50 cm, besonnt	DE12	14
		Ø 10-20 cm, ≥ 50 cm, nicht besonnt	DE13	6
		Ø > 20 cm, ≥ 50 cm, nicht besonnt	DE14	12
		Abgestorbene Kronenspitze, Ø ≥ 10 cm	DE15	6
Deformierung/ Wuchsform	Stammfußhöhlen (GR1)	Ø ≥ 5 cm	GR11	3
		Ø ≥ 10 cm	GR12	3
		Stammspalte, Länge ≥ 30 cm	GR13	8
	Hexenbesen (GR2)	Hexenbesen, Ø ≥ 50 cm	GR21	16
		Wasserreisser	GR22	18
	Krebse und Maserknollen (GR3)	Krebsartiges Wachstum, Ø ≥ 20 cm	GR31	12
		Krebs im Zerfallsstadium, Ø ≥ 20 cm	GR32	8
Epiphyten	Pilzfruchtkörper (EP1)	Einjährige Porlinge, Ø ≥ 5 cm	EP11	18
		Mehrfährige Porlinge, Ø ≥ 10 cm	EP12	36
		Ständerpilze und Champignonartige, Ø ≥ 5 cm	EP13	10
		Große Ascomyceten (Schlauchpilze), Ø ≥ 5 cm	EP14	36
	Myxomyceten (EP2)	Myxomyzeten (Schleimpilze), Ø ≥ 5 cm	EP21	18
	Epiphytische Krypto- und Phanerogame (EP3)	Epiphytische Moose, Bedeckungsgrad > 25 %	EP31	4
		Epiphytische Blatt- und Strauchflechten, Bedeckungsgrad > 25 %	EP32	12
		Lianen, Bedeckungsgrad > 25 %	EP33	24
		Epiphytische Farne, > 5 Farnwedel	EP34	12
		Misteln	EP35	27
	Nester	Nester (NE1)	Größerer Wirbeltiere, Ø ≥ 80 cm	NE11
Kleinerer Wirbeltiere, Ø ≥ 10 cm			NE12	4
Wirbelloser Tiere			NE21	24
Andere	Saft- und Harzfluss (OT1)	Saftfluss, > 50 cm	OT11	32
		Harzfluss und Harztaschen, > 50 cm	OT12	5
	Mikroböden (OT2)	Mikroböden (Krone)	OT21	36
		Mikroböden (Rinde)	OT22	24

2.7 Aufnahme des Totholzes

Die Totholzaufnahme erfolgte auf Grundlage der Kartieranleitung „Lebensraumtypen Sachsen-Anhalt, Teil Wald“ vom LAU Sachsen-Anhalt (2014). Darin wird sich auf die Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-RL bezogen. Der Ablauf der Aufnahme des Totholzes ist für alle in der Kartieranleitung aufgeführten Lebensraumtypen identisch. Die Totholzaufnahme dient als Kriterium bei der Bewertung des Erhaltungszustandes eines Lebensraumtypen. Für die im Untersuchungsgebiet vorherrschenden Lebensraumtypen 9160 (*Carpinion betuli*) und 91E0 (*Alno-Padion*) ist nach Kartieranleitung für eine Bewertung mit „A - hervorragende Ausprägung“ eine Anzahl von mindestens fünf Stück stehendes und liegendes Totholz pro Hektar vorgegeben. Wenn mindestens ein Stück stehendes oder liegendes Totholz pro Hektar vorhanden ist, wird mit „B - gute Ausprägung“ bewertet. Bei einem Vorkommen von weniger als ein Stück Totholz pro Hektar wird ein „C“ vergeben, was für eine mittlere bis schlechte Ausprägung steht.

Bei der Aufnahme des Totholzes wurde lediglich Totholz stärkerer Dimensionen erfasst, welches in Weichlaubholz und alle übrigen Baumarten zu unterscheiden war. Als Weichlaubhölzer im Sinne der Kartieranleitung gelten alle Arten der Gattungen *Salix* (Weiden), *Populus* (Pappeln), *Alnus* (Erlen), *Tilia* (Linden) und *Betula* (Birken). Das Weichlaubholz wurde ab einem Durchmesser von mehr als 30 cm aufgenommen. Die übrigen Baumarten sollten erst ab einem Durchmesser von mehr als 50 cm erfasst werden. Handelte es sich um stehendes Totholz, wurde der BHD gemessen. Bei liegenden Bäumen oder auch Baumteilen, wie abgebrochenen Starkästen oder Kronenteilen, wurde das stärkste Ende gemessen. Prinzipiell musste das Totholz eine Länge beziehungsweise Höhe von mehr als 3 m aufweisen, um aufgenommen werden zu können. Als Hilfsmittel standen zur Ermittlung des Durchmessers ein Durchmessermaßband und für die Messung der Länge ein Gliedermaßstab zur Verfügung.

In Abweichung zur Aufnahme nach der Kartieranleitung wurde ergänzend stehendes und liegendes Totholz schwächerer Dimensionen aufgenommen, um die Anzahl an aufgenommenem Totholz für die Auswertung zu erhöhen. Hierfür wurde zusätzlich alles an Totholz erfasst, was einen Durchmesser größer als 20 cm und eine Mindestlänge von 3 m aufgewiesen hat. Für die ergänzende Aufnahme umfasst die Datenmenge der Weichlaubhölzer daher alles, was zwischen 20 cm und 30 cm Durchmesser an Totholz aufgenommen wurde. Bei den übrigen Baumarten hingegen wurde Totholz zwischen 20 cm und 50 cm Durchmesser vermerkt.

Für die Auswertung wurden verschiedene Parameter des Totholzes aufgenommen. Diese umfassen die Gattung des Gehölzes, den Quadranten, den Durchmesser und den stehenden oder liegenden Zustand des Totholzes.

Im Allgemeinen wurde das Totholz nicht in Zusammenhang mit den Daten für das Marteloskop aufgenommen, da in diesem Prozess nicht eindeutig war, wie das Totholz, insbesondere das Liegende in der Simulation berücksichtigt werden würde. Aufgrund dessen spielt das Totholz für die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführten Simulation keine Rolle. Dennoch war die Aufnahme des Totholzes essenziell für verschiedene Analysen auf der Untersuchungsfläche. Des Weiteren sollten Defizite hinsichtlich der Integration des Totholzes innerhalb der Datenaufnahme sowie in Bezug zur Software beleuchtet werden.

3. Ergebnisse

Bei den folgenden Ergebnissen wurden zum Teil Tabellen und Abbildungen verwendet, welche durch das EFI oder im Anschluss der Simulation durch die „I+“ Software erstellt wurden. Diese sind entsprechend gekennzeichnet. Die Tabellen und Abbildungen wurden überwiegend optisch verändert und angepasst, wobei der Inhalt identisch geblieben ist.

3.1 Ergebnisse der Datenaufnahme

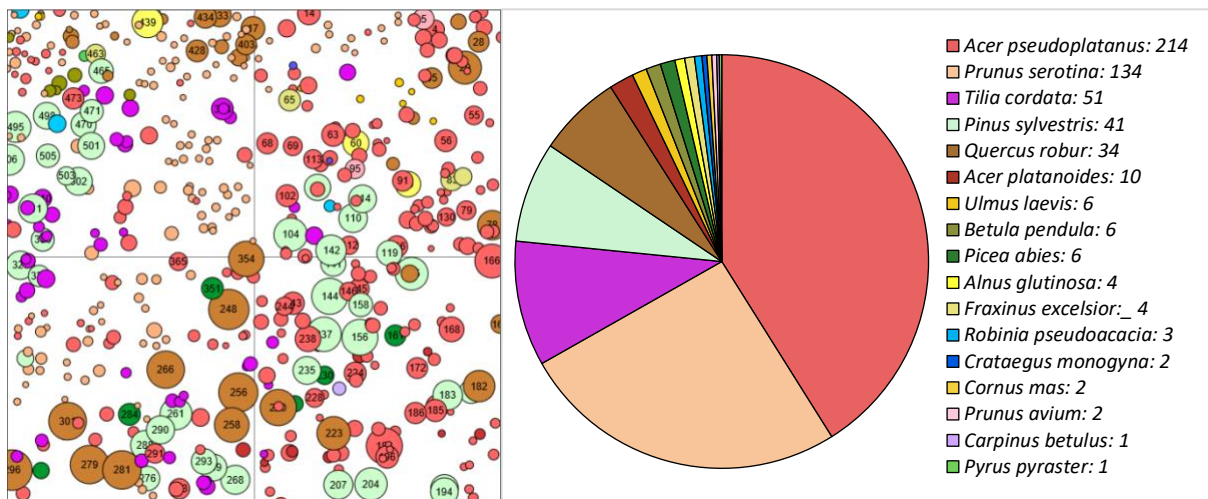


Abbildung 5: Stammfußkarte der Fläche mit dazugehöriger Baumartenverteilung (vom EFI)

Basierend auf der Auswertung der Datenaufnahme für das Marteloskop war festzustellen, dass die Artenzusammensetzung der Fläche unterschiedlich ist (Abbildung 5). Dies steht unmittelbar in Zusammenhang mit den dort verschiedenen auftretenden Lebensraumtypen. Von den 521 erfassten Bäumen konnten 17 verschiedene Arten identifiziert werden, wovon lediglich fünf Arten den Großteil der Gehölze ausmachten.

Allgemein sind auf der gesamten Fläche *A. pseudoplatanus* und die für Deutschland invasive Art *P. serotina* am häufigsten vertreten gewesen, wobei *A. pseudoplatanus* im 1. sowie 2. Quadranten und *P. serotina* im 3. sowie 4. Quadranten größtenteils verbreitet waren. Weiterhin ließ sich ein Großteil der Bäume *Pinus sylvestris* (Gewöhnliche Kiefer), *Q. robur* und *T. cordata* zuordnen. Ausschließlich in den oberen beiden Quadranten kamen *F. excelsior*, *U. laevis* und *A. glutinosa* vor, was auf den dort vorherrschenden Lebensraumtyp Alno-Padion zurückzuführen ist. Auch die geringe Anzahl an *B. pendula* ist lediglich im 4. Quadranten vorzufinden. Darüber hinaus war im 4. Quadranten eine Anhäufung von *P. sylvestris* zu verzeichnen. In den unteren beiden Quadranten befand sich eine besonders hohe Anzahl an *P. sylvestris* sowie auffallend dicke Exemplare von *Q. robur*. Auch *T. cordata* und *P. serotina* traten dort des Öfteren auf. Vereinzelt kamen ebenda außerdem *Picea abies* (Gewöhnliche Fichte), *C. betulus* und *A. platanoides* vor. Auf der Untersuchungsfläche konnten zusätzlich Wildobstarten, wie *Cornus mas* (Kornelkirsche), *Prunus avium* (Vogel-Kirsche) und *Pyrus pyraeaster* (Wild-Birne) erfasst werden.

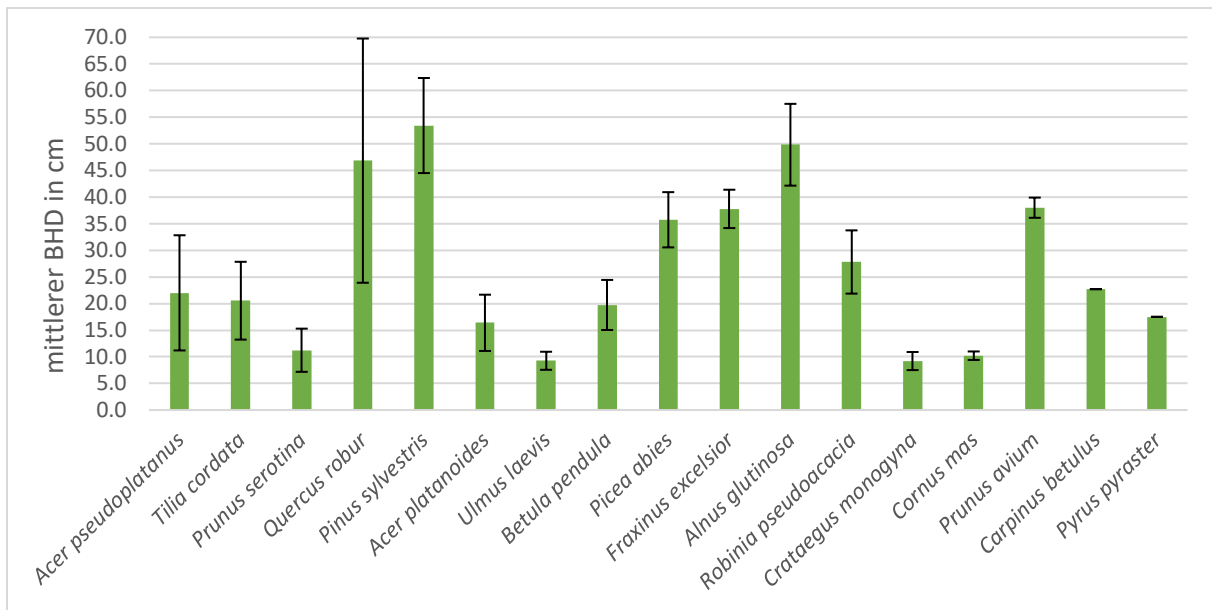


Abbildung 6: Darstellung des mittleren BHD der jeweiligen Baumart

Der durchschnittliche BHD, welcher alle Gehölze auf der Fläche umfasst, betrug 23,4 cm. Bezogen auf die Gehölze der verschiedenen Baumarten wurden unterschiedliche BHD ermittelt (Abbildung 6). An einem Gehölz der Art *Q. robur* konnte der höchste BHD gemessen werden, welcher bei 81,4 cm lag. Der niedrigste BHD hingegen wurde bei *P. serotina* und *A. pseudoplatanus* mit 7,1 cm gemessen. Allgemein war der durchschnittliche BHD bei *P. sylvestris* am höchsten. Aus den verschiedenen gemessenen BHD bei *P. sylvestris* ergab sich eine Standardabweichung von 9 cm, woraus sich eine stärkere Schwankung der Dicke dieser Gehölze ableiten ließ. *Alnus glutinosa* wies einen vergleichbaren durchschnittlichen BHD sowie eine ähnliche Standardabweichung auf. Bei *Q. robur* hingegen wurden viele Gehölze mit sehr unterschiedlichen BHD erfasst, weshalb sich eine beachtlich hohe Standardabweichung ergab. Die Bäume der Arten *P. avium*, *F. excelsior* und *P. abies* wiesen im Durchschnitt einen BHD von 35 cm bis 38 cm auf. *Acer pseudoplatanus* und *T. cordata* ähnelten sich ebenfalls in ihrem BHD von 20 cm bis 22 cm. Allerdings war die Standardabweichung beider Arten hoch, was erneut auf eine starke Schwankung der Dicke hingedeutet hat.

Obwohl viele Gehölze als *P. serotina* identifiziert wurden, war die Standardabweichung hier vergleichsweise gering. Der mittlere BHD dieser Art lag bei 11,2 cm. Ein auffällig kleiner BHD konnte bei den Arten *Crataegus monogyna* (Eingriffeliger Weißdorn), *U. laevis* und *C. mas* festgestellt werden. Die Standardabweichung dieser Arten war besonders gering, was zum einen auf eine gleichmäßige Dicke der Gehölze zurückzuführen war. Zum anderen konnten nur wenige Bäume, der eben genannten Arten, verzeichnet werden. Von *P. pyraster* und *C. betulus* wurde jeweils nur ein Exemplar erfasst, weshalb in der Abbildung lediglich der exakte und nicht der mittlere BHD vermerkt werden konnte und eine Standardabweichung daraufhin nicht zu errechnen war.

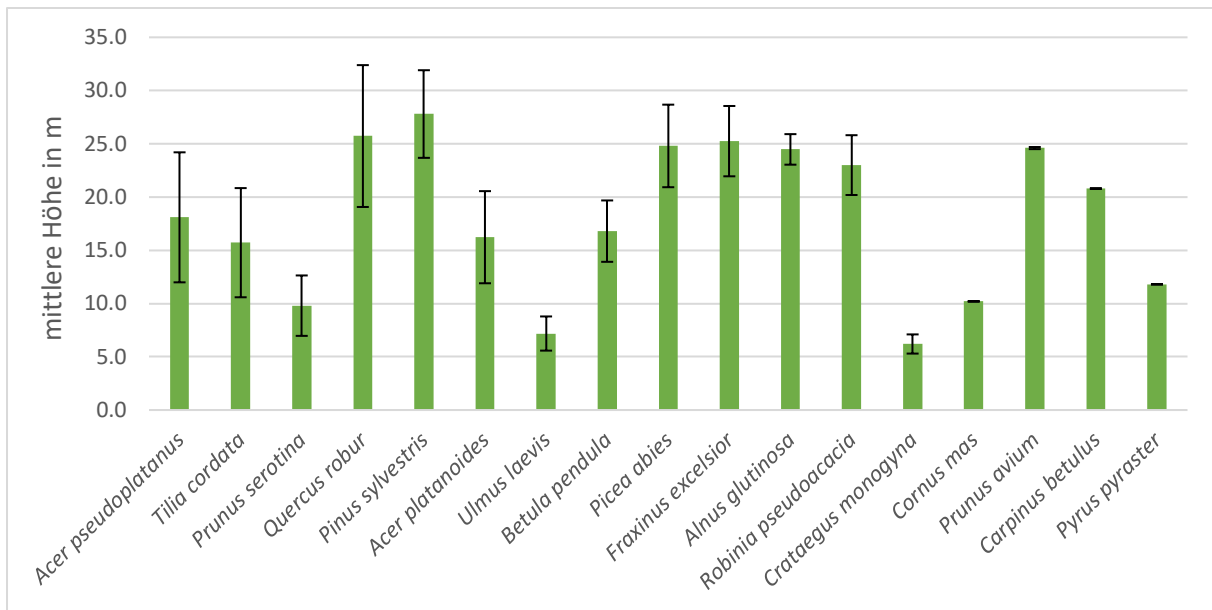


Abbildung 7: Darstellung der mittleren Höhe der jeweiligen Baumart

Die durchschnittliche Höhe aller Bäume auf der Fläche betrug 17,0 m. In Bezug auf die verschiedenen Arten konnten Unterschiede hinsichtlich der Höhe festgestellt werden (Abbildung 7). Der höchste Wert wurde bei *Q. robur* mit 35,9 m erfasst. Der niedrigste Baum hingegen konnte mit einer Höhe von 3,0 m *P. serotina* zugeordnet werden. Allgemein war die mittlere Höhe bei mehreren Arten ähnlich. Dazu zählten *Q. robur*, *P. sylvestris*, *P. abies*, *F. excelsior*, *A. glutinosa*, *Robinia pseudoacacia* (Gewöhnliche Robinie) sowie *P. avium*. Bei diesen Arten lag die mittlere Höhe zwischen 23 m und 28 m, wobei *P. sylvestris* der höchste Wert zugeordnet werden konnte. Auch die Standardabweichung ähnelte sich mit Ausnahme von *Q. robur* und verwies auf kleinere Schwankungen in der Höhe. Bei *Q. robur* konnte eine vergleichsweise hohe Standardabweichung festgestellt werden, da sich die Höhen der erfassten Bäume stark unterschieden. Eine weiterhin hohe Standardabweichung trat bei *A. pseudoplatanus* und *T. cordata* auf. Auch bei diesen Arten wurden Gehölze mit großen Unterschieden hinsichtlich der Höhe erfasst. Eine im Vergleich zu den anderen Arten geringe mittlere Höhe konnte bei *U. laevis*, *C. monogyna* sowie *C. mas* vermerkt werden. Ebenfalls wurde bei *P. serotina* eine ähnlich geringe Höhe mit einer jedoch etwas höheren Standardabweichung festgestellt. Aufgrund des Einzelvorkommens von *C. betulus* und *P. pyraster* war eine Berechnung der mittleren Höhe nicht möglich. Die Standardabweichung fiel dementsprechend gering aus. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Mehrheit der Bäume in der ersten und zweiten Baumschicht angesiedelt war. Nur wenige Bäume konnten hinsichtlich ihrer Höhe der Strauchschicht zugeordnet werden.

Tabelle 4: mittlerer ökonomischer Wert der Baumarten

Baumart	Mittlerer ökonomischer Wert in €	Standardabweichung in €
<i>Acer pseudoplatanus</i>	33,30	59,05
<i>Tilia cordata</i>	10,88	14,10
<i>Prunus serotina</i>	1,04	2,22
<i>Quercus robur</i>	469,44	478,79
<i>Pinus sylvestris</i>	218,23	115,30
<i>Acer platanoides</i>	7,42	10,18
<i>Ulmus laevis</i>	0,27	0,14
<i>Betula pendula</i>	8,43	6,59
<i>Picea abies</i>	83,91	36,20
<i>Fraxinus excelsior</i>	108,87	60,17
<i>Alnus glutinosa</i>	124,55	56,41
<i>Robinia pseudoacacia</i>	40,47	23,99
<i>Crataegus monogyna</i>	0,23	0,10
<i>Cornus mas</i>	0,42	0,06
<i>Prunus avium</i>	138,93	12,34
<i>Carpinus betulus</i>	12,50	0,00
<i>Pyrus pyraeaster</i>	4,81	0,00

Der durchschnittliche Geldwert aller Baumarten zusammen betrug 66,60 € pro Baum. Bei der Ermittlung des mittleren ökonomischen Wertes jeder einzelnen Baumart konnten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 4). Einen besonders niedrigen durchschnittlichen ökonomischen Wert wiesen die Gehölze *C. mas*, *C. monogyna* und *U. laevis* auf, welcher bei unter 1 € lag. Die Standardabweichung fiel bei diesen Gehölzen sehr gering aus. Dabei ist zu beachten, dass von den eben genannten Baumarten nur wenige Exemplare auftraten. Auch die Gehölze der Art *P. serotina* sind im Durchschnitt mit 1,04 € sehr wenig wert gewesen. Obwohl von dieser Art 134 Exemplare erfasst wurden sind, ist die Standardabweichung vergleichsweise gering, was darauf hinweist, dass der ökonomische Wert dieser Art konstant war. Darüber hinaus führten ein geringes Volumen, eine minderwertige Stammqualität sowie eine niedrige Bepreisung zu solch einem mittleren ökonomischen Wert. Ein hoher durchschnittlicher ökonomischer Wert hingegen konnte bei den Gehölzen der Arten *P. sylvestris*, *F. excelsior*, *A. glutinosa* und *P. avium* festgestellt werden. Die Standardabweichung dieser Arten ist mit Ausnahme von *P. avium* erhöht. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Schwankung der Höhe hinsichtlich des ökonomischen Wertes zwischen den einzelnen Gehölzen vorlag. *Prunus avium* hingegen weist eine geringere Standardabweichung auf. An dieser Stelle ist jedoch zu vermerken, dass lediglich zwei Gehölze dieser Art erfasst wurden. Bei Gehölzen der Art *Q. robur* war der mittlere ökonomische Wert mit über 450 € am höchsten. Allerdings verzeichnet die Standardabweichung einen besonders hohen Wert, woraus deutliche Unterschiede bezogen auf den ökonomischen Wert zwischen den einzelnen Gehölzen resultieren. Da *C. betulus* und *P. pyraeaster* einzeln auf der Fläche auftreten, konnte keine Standardabweichung ermittelt werden. Allgemein konnte man einen deutlichen Unterschied in Bezug auf die Wertigkeit der jeweiligen Baumarten feststellen.

Tabelle 5: mittlerer Habitatwert der Baumarten

Baumart	Mittlerer Habitatwert in Punkte	Standardabweichung in Punkte
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4,86	9,18
<i>Prunus serotina</i>	6,07	16,09
<i>Tilia cordata</i>	4,67	8,05
<i>Pinus sylvestris</i>	10,63	12,65
<i>Quercus robur</i>	19,21	19,04
<i>Acer platanoides</i>	2,60	7,80
<i>Ulmus laevis</i>	8,33	8,60
<i>Betula pendula</i>	14,67	15,43
<i>Picea abies</i>	2,17	3,18
<i>Alnus glutinosa</i>	23,25	3,42
<i>Fraxinus excelsior</i>	5,50	4,33
<i>Robinia pseudoacacia</i>	5,33	0,94
<i>Crataegus monogyna</i>	2,00	2,00
<i>Cornus mas</i>	34,00	6,00
<i>Prunus avium</i>	45,00	25,00
<i>Carpinus betulus</i>	0,00	0,00
<i>Pyrus pyraeaster</i>	60,00	0,00

In Bezug auf den Habitatwert konnte ein durchschnittlicher Wert von 7,1 Punkten über alle Bäume hinweg errechnet werden. Dabei betrug die durchschnittliche Anzahl an Habitaten pro Baum 0,6. Den geringsten mittleren Habitatwert wiesen *C. monogyna*, *P. abies* und *A. platanoides* auf (Tabelle 5). *Carpinus betulus* hatte ebenfalls einen besonders geringen Habitatwert, wobei anzumerken ist, dass nur ein Exemplar dieser Art erfasst wurde, weshalb das Ergebnis nicht aussagekräftig ist. Des Weiteren wurde von *P. pyraeaster* ebenfalls nur ein Exemplar vermerkt, wodurch die ausgesprochen hohe Anzahl an Habitat-Punkten nicht repräsentativ ist. Weiterhin hohe mittlere Habitatwerte können den Arten *P. avium* und *C. mas* zugeordnet werden. Jedoch traten auch bei diesen Arten nicht viele Gehölze auf der Fläche auf. Den Arten *A. pseudoplatanus*, *P. serotina* und *T. cordata*, welche auf der Fläche am häufigsten vorkamen, konnte ein vergleichsweise geringer mittlerer Habitatwert zugeordnet werden. Jedoch ist die Standardabweichung bei diesen Arten erhöht gewesen, was darauf hindeutet, dass Schwankungen hinsichtlich der Verteilung von Habitat-Punkten zwischen den einzelnen Gehölzen auftraten. *Quercus robur*, *B. pendula* und *P. sylvestris* zeigten erhöhte mittlere Habitatwerte mit einer ähnlich hohen Standardabweichung. Insgesamt konnte eruiert werden, dass der mittlere Habitatwert in Bezug auf die Baumart variiert.

3.2 Ergebnisse der Habitate

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Aufnahme der Baummikrohabitate dargestellt und beschrieben. Die Aufnahme der Habitate stellt die Grundlage für die Berechnung des ökologischen Wertes für jeden Baum dar. Die Baummikrohabitate wurden an das EFI weitergeleitet, welches mittels dieser Daten den Habitatwert für die Gehölze ermittelte. Dieser Wert war daraufhin in der Simulation durch die Software „I+“ ersichtlich und konnte bei der Auswahl der Gehölze berücksichtigt werden. Die nachfolgenden Ergebnisse geben einen Überblick über die Diversität und das Vorkommen der Baummikrohabitate auf unserer Untersuchungsfläche.

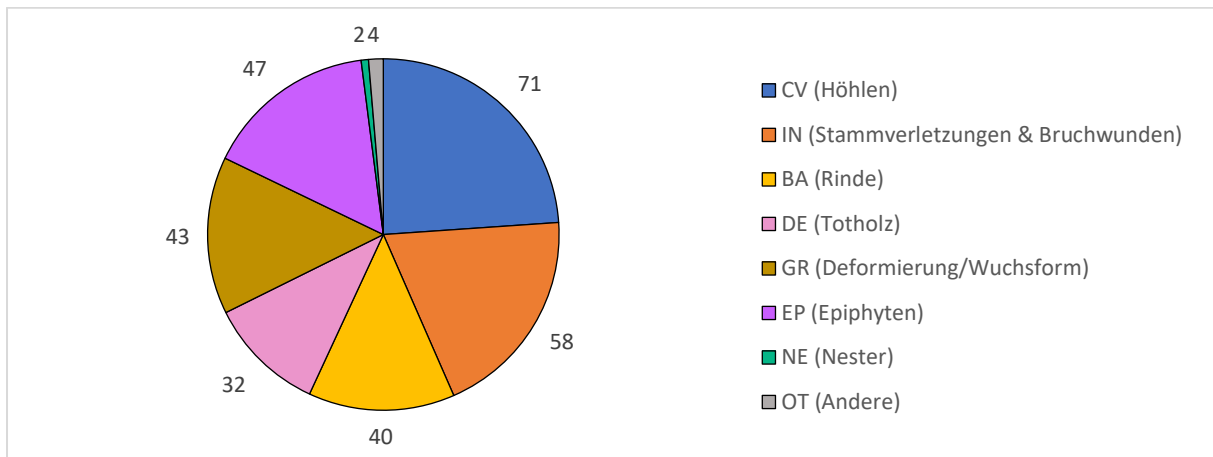


Abbildung 8: Verteilung der erfassten Habitat-Typen

Auf der Untersuchungsfläche konnte eine Vielzahl an Habitat-Typen gefunden werden (Abbildung 8). Besonders häufig war die Gruppe der Höhlen (CV) auf der Fläche vertreten, weiterhin waren Stammverletzungen und Bruchwunden (IN) oft vorzufinden. Eine außerdem gehäuft auftretende Gruppe waren die Epiphyten (EP) und darauffolgend Deformierungen und Wuchsformen (GR), wie das Diagramm zeigt. Im Anschluss daran hat man vielfach Habitate der Rinde (BA) und öfters auch Totholz (DE) gefunden. Auffallend ist, dass Nester (NE) und andere Baummikrohabitate (OT) nur sehr selten gefunden wurden. Dieses Ergebnis impliziert, dass die unterschiedlichen Habitat-Typen verschiedene Bedingungen für ihre Entstehung benötigten.

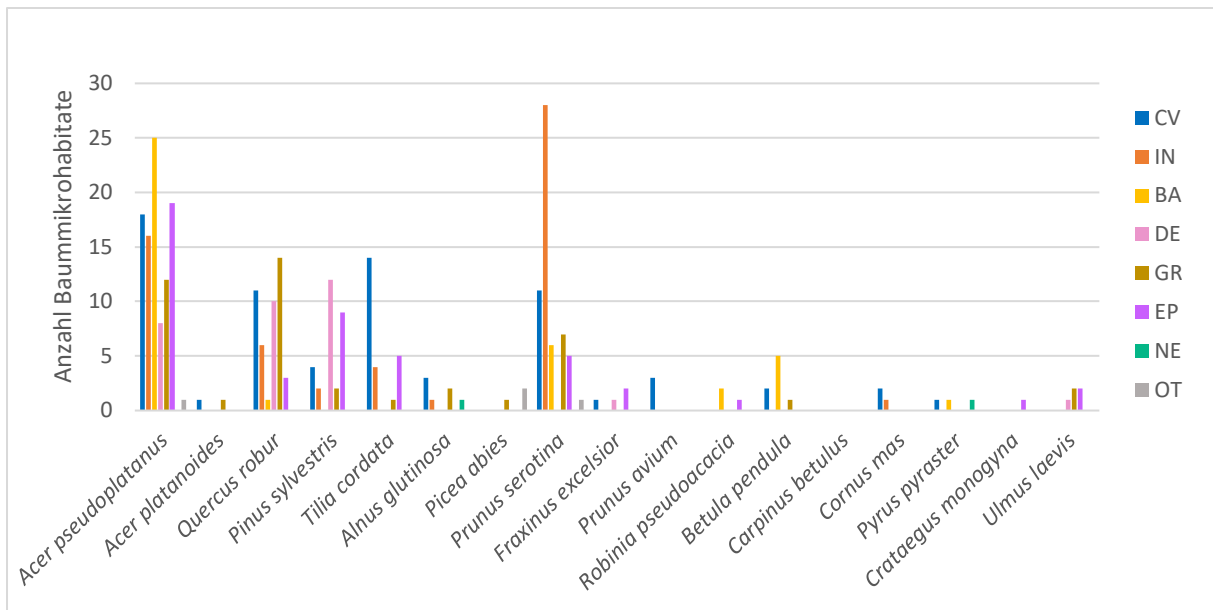


Abbildung 9: Darstellung der erfassten Habitat-Typen der jeweiligen Baumart

In dem Untersuchungsgebiet war das Vorkommen von Baummikrohabitaten an den Baumarten unterschiedlich verteilt (Abbildung 9). Besonders viele und auch verschiedene Habitate wies die Art *A. pseudoplatanus* auf, wobei hier am häufigsten Habitate der Rinde (BA) und anschließend Epiphyten (EP) vorzufinden waren. Weiterhin eine hohe Diversität an Habitaten hatten die Arten *Q. robur*, *P. sylvestris* und *P. serotina*. Besonders auffällig ist, dass die höchste Anzahl an Stammverletzungen und Bruchwunden (IN) bei Bäumen der Art *P. serotina* gefunden wurde. Nennenswert ist zusätzlich, dass einige Baumarten in der Versuchsfläche keine oder nur weniger als vier der aufgenommenen Habitate aufwiesen, dazu zählen: *A. platanoides*, *P. abies*, *P. avium*, *R. pseudoacacia*, *C. betulus*, *C. mas*, *P. pyraster* und *C. monogyna*.

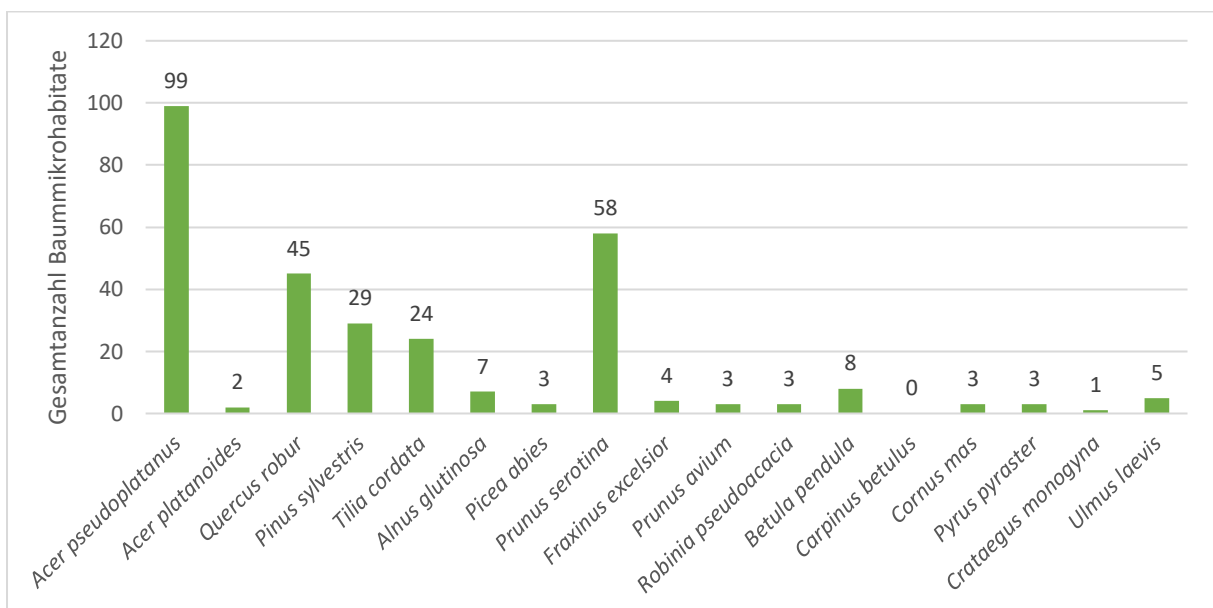


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen der Baumart und der Anzahl der Habitate

Bezüglich der Gesamtanzahl an Habitaten an der jeweiligen Baumart waren deutliche Unterschiede erkennbar (Abbildung 10). Am häufigsten sind Baummikrohabitate auf der untersuchten Fläche an *A. pseudoplatanus* vorgefunden wurden. Im Diagramm zu sehen ist, dass ebenfalls eine hohe Summe an Habitaten an *P. serotina* und *Q. robur* zu erkennen war. Nur etwa halb so viele Lebensräume gab es an *P. sylvestris* und *T. cordata*. Habitate mit einer Anzahl von über fünf konnten an *B. pendula*, *A. glutinosa* und *U. laevis* vermerkt werden. Die übrigen Arten wiesen eher wenige Baummikrohabitate auf, wobei *C. betulus* als einziges gar keine besaß. Im Gesamten wurden auf der Untersuchungsfläche 297 Baummikrohabitate an 16 unterschiedlichen Baumarten gefunden, wobei die Anzahl an Habitaten pro Baumart stark variierte.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Gesamtanzahl der Bäume der jeweiligen Art und dem Anteil an Habitatbäumen

	Anzahl Bäume	Anzahl Bäume mit Habitat	Anteil an Habitatbäumen	Habitate je Baumart
<i>Acer pseudoplatanus</i>	214	74	35%	99
<i>Prunus serotina</i>	134	31	23%	58
<i>Tilia cordata</i>	51	16	31%	24
<i>Pinus sylvestris</i>	41	22	54%	29
<i>Quercus robur</i>	34	23	68%	45
<i>Acer platanoides</i>	10	1	10%	2
<i>Picea abies</i>	6	2	33%	3
<i>Betula pendula</i>	6	5	83%	8
<i>Ulmus laevis</i>	6	4	67%	5
<i>Alnus glutinosa</i>	4	4	100%	7
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	3	75%	4
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	3	100%	3
<i>Prunus avium</i>	2	2	100%	3
<i>Cornus mas</i>	2	2	100%	3
<i>Crataegus monogyna</i>	2	1	50%	1
<i>Carpinus betulus</i>	1	0	0%	0
<i>Pyrus pyraeaster</i>	1	1	100%	3
Gesamt	521	194	37%	297

Im Rahmen unserer Aufnahme haben wir untersucht, ob die Baumart für das Vorhandensein von Baummikrohabitaten eine Rolle spielt (Tabelle 6). Wie man sehen kann, haben die Baumarten unterschiedlich viele Habitate. Den größten Anteil an Habitatbäumen hatten die Arten *A. glutinosa*, *R. pseudoacacia*, *P. avium*, *C. mas* und *P. pyraeaster* mit 100 %. Von diesen Arten befand sich an jedem Individuum auf der Fläche mindestens ein Mikrohabitat. Allerdings fällt auf, dass nur wenige Exemplare dieser Arten auf der Fläche vorhanden waren. Ebenfalls ein hohes Vorkommen an Habitatbäumen war bei den Arten *B. pendula*, *F. excelsior*, *Q. robur* und *U. laevis* festzustellen, wobei hier *Q. robur* deutlich mehr auf der Fläche vertreten war. Bei den Arten *P. sylvestris* und *C. monogyna* hatten etwa die Hälfte aller Exemplare mindestens ein Baummikrohabitat. Auffällig ist, dass *A. pseudoplatanus* zwar die meisten Habitate insgesamt aufwies, jedoch nur 35 % der Gehölze Habitatbäume waren. An der Art *C. betulus* war kein Habitat vorzufinden, allerdings war diese Art auf der Fläche mit nur einem Baum sehr schwach vertreten. Insgesamt trugen von den 521 Bäumen auf der Fläche 194 ein oder mehrere Baummikrohabitate, was einem Anteil von 37 % entspricht.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Baumart ein wichtiger Parameter für das Vorkommen von Baummikrohabitaten ist. Dennoch sind auf unserer Fläche unterschiedlich viele Exemplare von jeder Art vorhanden, weshalb die Ergebnisse nicht signifikant sind.

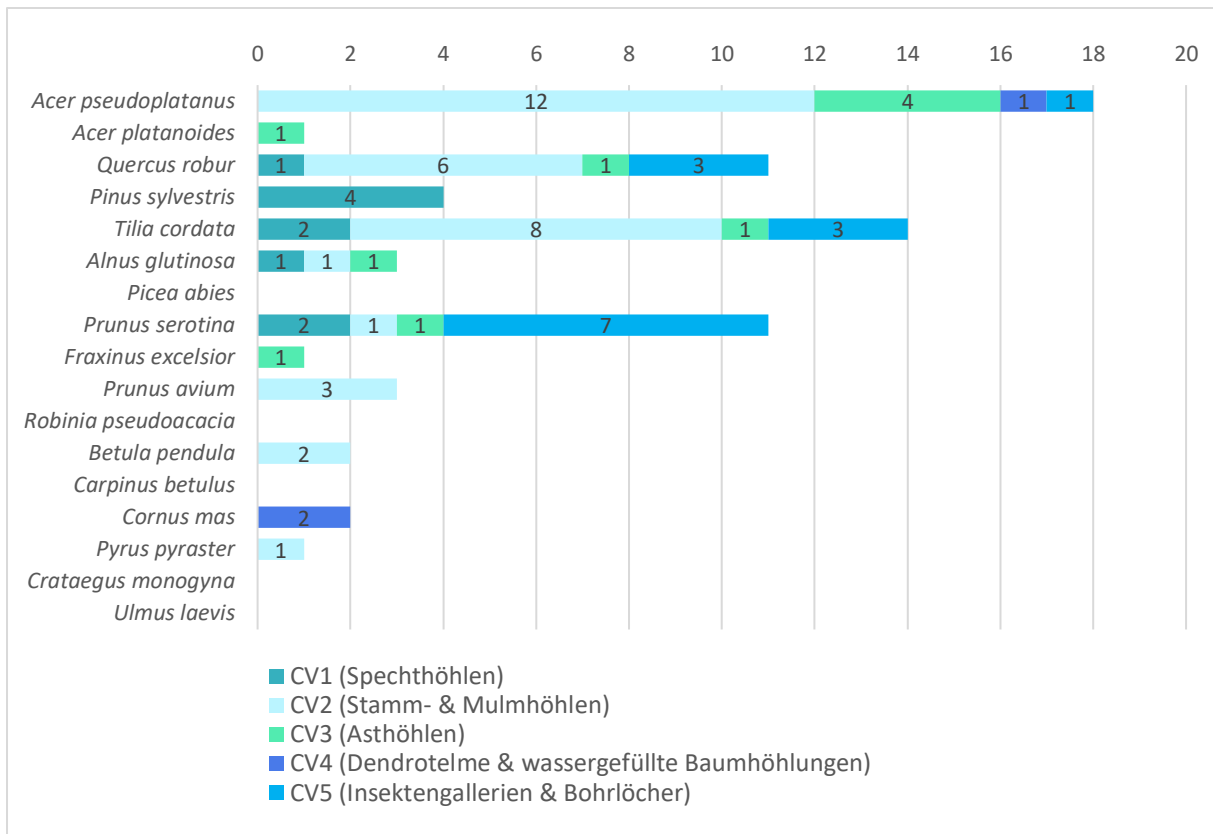


Abbildung 11: Verteilung der Habitat-Gruppe "Höhlen"

Ein sehr vielfältiges Angebot an Höhlen wies besonders *A. pseudoplatanus* auf (Abbildung 11). Hierbei waren sehr häufig Typen der Stamm- und Mulmhöhlen (CV2) und Asthöhlen (CV3) zu finden. Ansonsten waren viele Höhlen bei den Arten *Q. robur* und *T. cordata* anzutreffen, wobei diese, neben den Typen von CV2 und CV3, außerdem vermehrt Insektengallerien und Bohrlöcher (CV5) aufwiesen. Ebenfalls ein hohes Vorkommen von CV5 war bei *P. serotina* zu finden. Anzumerken ist außerdem, dass einige Baumarten gar keine Höhlen-Typen vorwiesen. Insgesamt waren am häufigsten die Stamm- und Mulmhöhlen (CV2) mit 34 Stück an acht unterschiedlichen Baumarten vertreten. Insektengallerien und Bohrlöcher (CV5) konnten mit 14 Stück an vier Baumarten vermerkt werden. Darauf folgten 10 Asthöhlen an sieben verschiedenen Arten gezählt. Seltener waren Spechthöhlen (CV1) mit nur 10 Stück an fünf Arten. Am wenigsten traten Dendrotelme und wassergefüllte Baumhöhlungen (CV4) auf, mit nur drei Stück an zwei Baumarten.

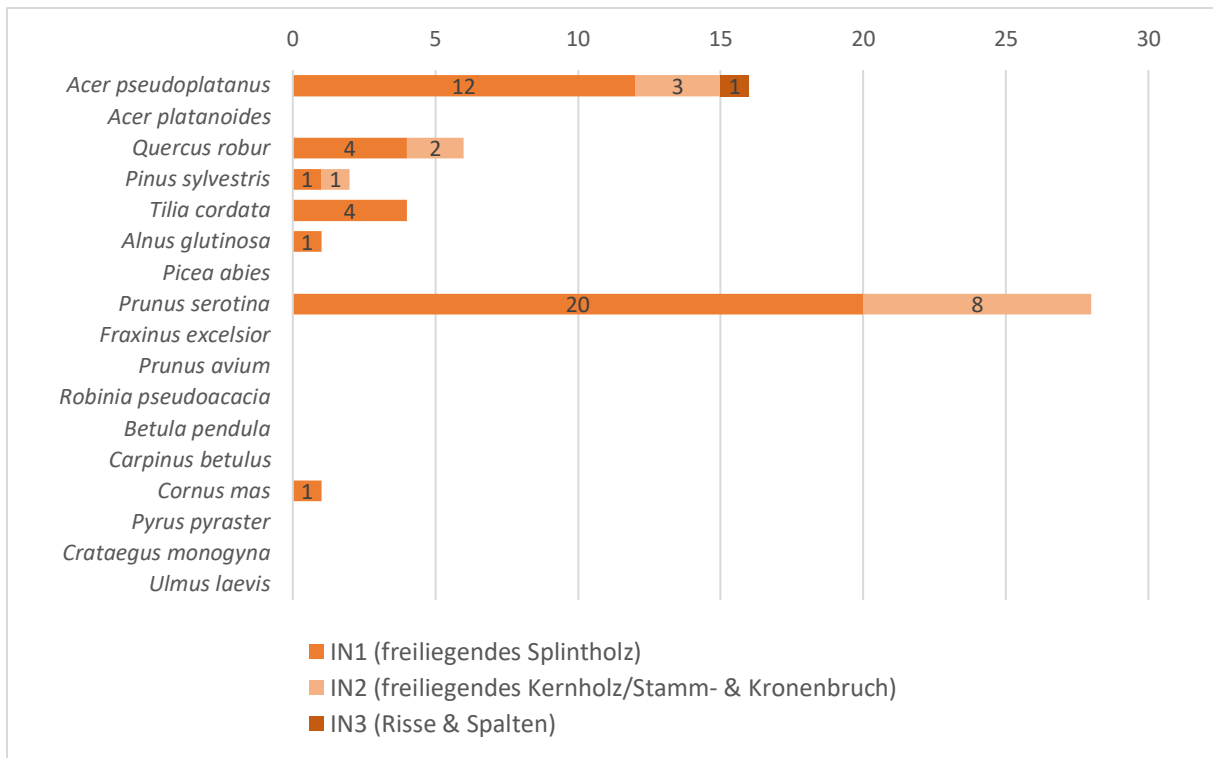


Abbildung 12: Verteilung der Habitat-Gruppe "Stammverletzungen und Bruchwunden"

Besonders viele Stammverletzungen und Bruchwunden konnte man an *P. serotina* finden, wobei hier vor allem freiliegendes Splintholz (IN1) vorlag. Außerdem zeigt Abbildung 12, dass *A. pseudoplatanus* alle drei Typen der Kategorie aufwies, und somit die einzige Baumart war, bei der Risse und Spalten (IN3) vertreten waren. Freiliegendes Kernholz/Stamm- und Kronenbruch (IN2) war mit vier Baumarten nicht sehr häufig vertreten.

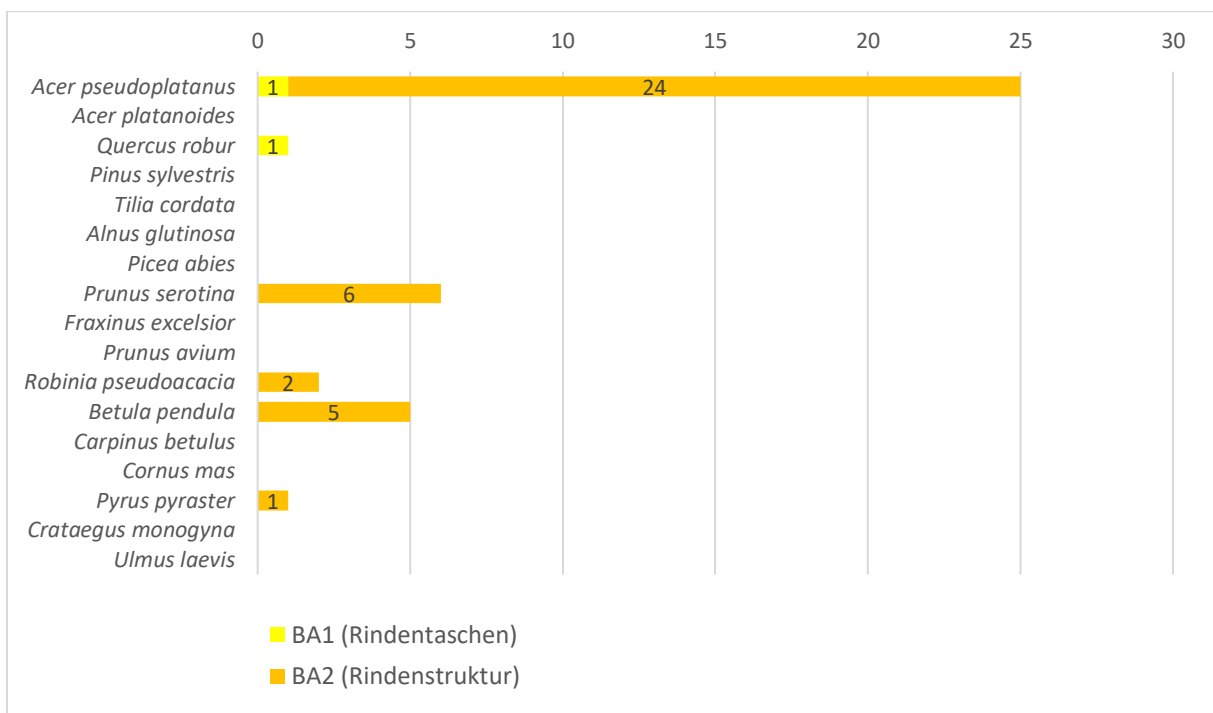


Abbildung 13: Verteilung der Habitat-Gruppe "Rinde"

Auffallend in der Abbildung 13 ist, dass *A. pseudoplatanus* ein sehr hohes Vorkommen an dem Baummikrohabitat Rindenstruktur (BA2) aufwies. Nennenswert ist zudem, dass dieses Habitat allgemein häufiger vorkam, als die Rindentaschen (BA1), welche nur an zwei Baumarten vorzufinden waren. Die Rindenstruktur (BA2) war mit 38 Stück als sehr häufig auf der Fläche zu bewerten, wohingegen die Rindentaschen (BA1) mit nur zwei Stück als sehr selten anzusehen waren.

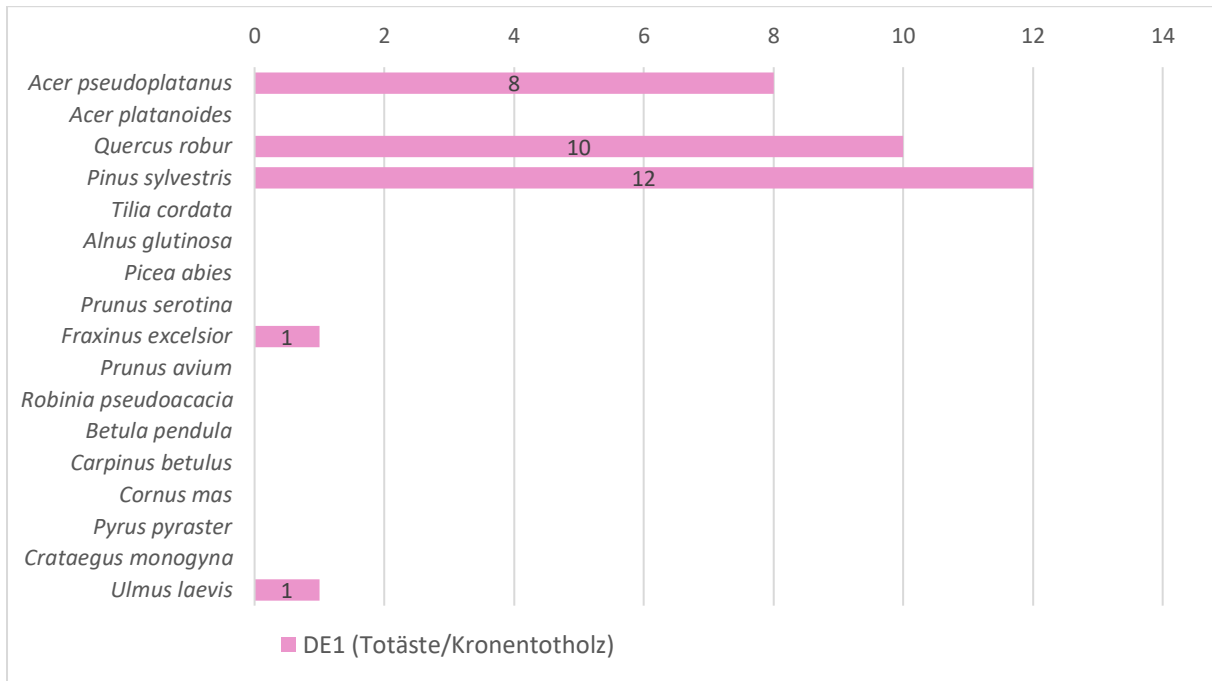


Abbildung 14: Verteilung der Habitat-Gruppe "Totholz"

Insbesondere die Baumarten *Q. robur* und *P. sylvestris* wiesen einen hohen Anteil von Totästen/Kronentotholz (DE1) auf, was man der Abbildung 14 entnehmen kann. Zum wiederholten Mal war an *A. pseudoplatanus* das Baummikrohabitat vertreten. In geringer Anzahl war Totholz auch an *F. excelsior* und *U. laevis* anzutreffen. Insgesamt konnte man das Mikrohabitat Totäste/Kronentotholz (DE1) mit 32 Stück auf der Fläche häufig vorfinden.

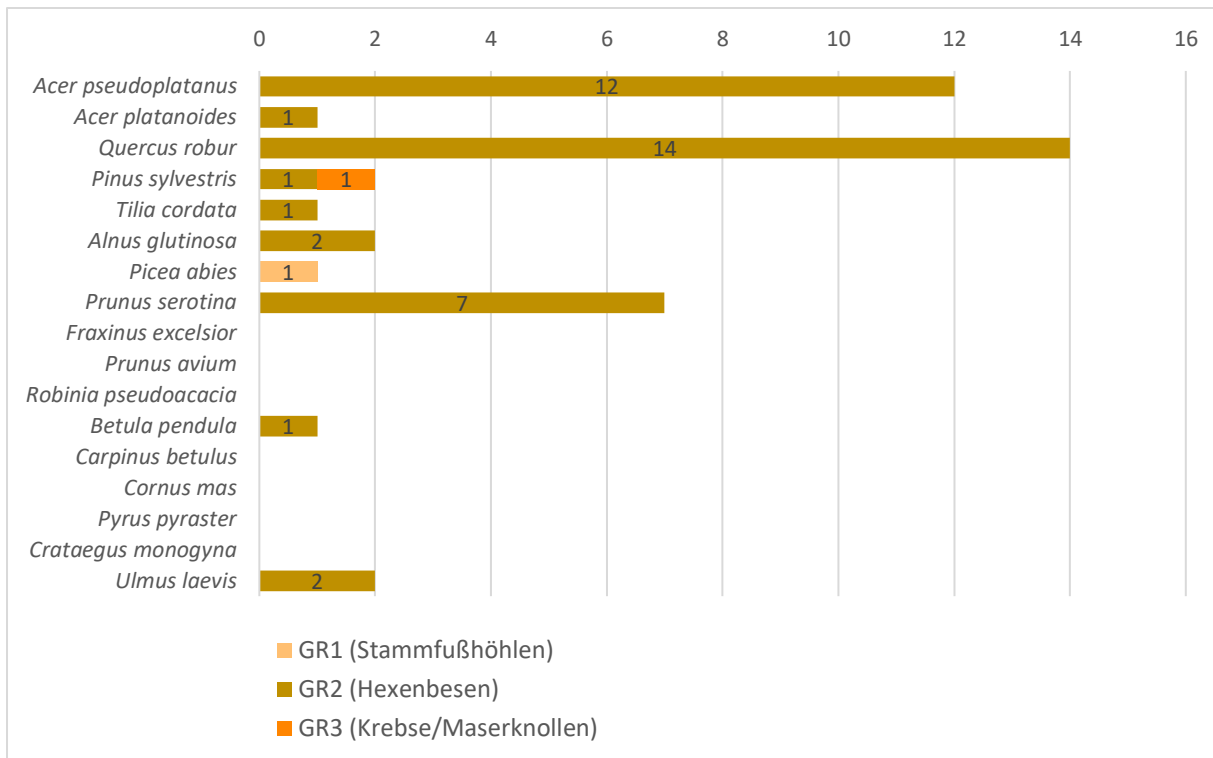


Abbildung 15: Verteilung der Habitat-Gruppe "Deformierung/Wuchsform"

Die Kategorien Stammfußhöhlen (GR1) sowie die Krebse/Maserknollen (GR3) waren nur wenig vertreten und fanden sich beide auf Nadelbaumarten wieder (Abbildung 15). Die Hexenbesen (GR2) fand man hingegen häufiger, besonders an den Arten *Q. robur* und *A. pseudoplatanus*. Insgesamt konnte man 40 Habitate der Kategorie Hexenbesen finden (GR2) und von den anderen beiden Kategorien jeweils nur ein Exemplar.

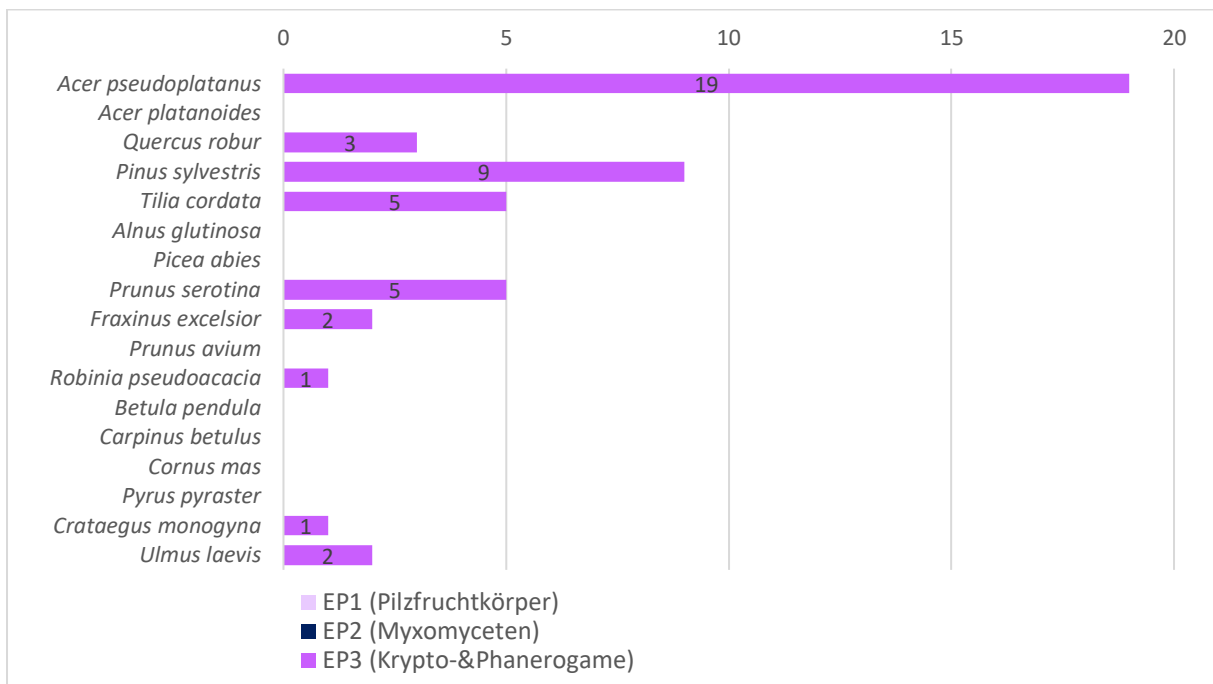


Abbildung 16: Verteilung der Habitat-Gruppe "Epiphyten"

Nennenswert ist die Tatsache, dass auf der Untersuchungsfläche die Habitat-Typen Pilzfruchtkörper (EP1) und Myxomyceten (EP2) überhaupt nicht anzutreffen waren (Abbildung 16). Epiphytische Krypto- und Phanerogame (EP3) konnte man hingegen 47-mal vorfinden, wie das Diagramm zeigt. Erneut befand sich dabei die höchste Anzahl an Bäumen der Art *A. pseudoplatanus* und darauffolgend mit nur etwa halb so viel Vorkommen an *P. sylvestris*. An dritter Stelle der Häufigkeitsverteilung konnte man *T. cordata* und *P. serotina* vermerken. An den anderen Baumarten konnte der Habitat-Typ mit nur unter fünf oder auch keinen Exemplaren gefunden werden.

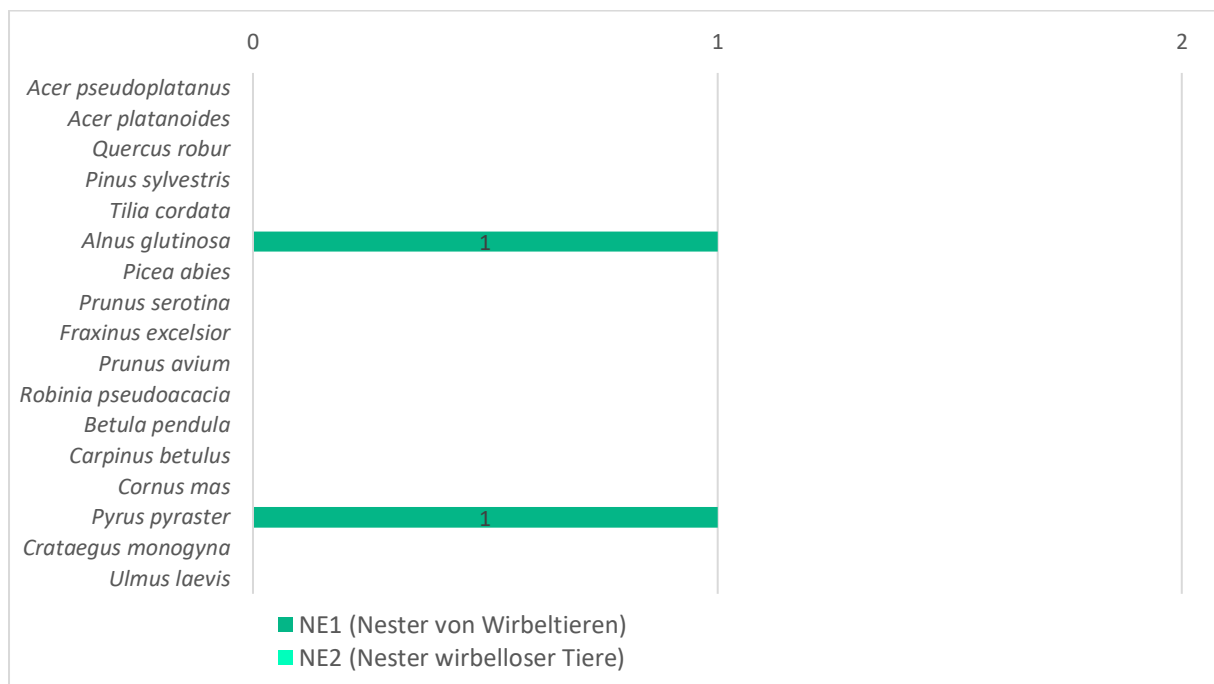


Abbildung 17: Verteilung der Habitat-Gruppe "Nester"

In dem untersuchten Gebiet befanden sich nur zwei Nester von Wirbeltieren (NE1). Wie man der Abbildung 17 entnehmen kann, war ein Nest auf *A. glutinosa* und das andere auf *P. pyraster*. Nester von wirbellosen Tieren (NE2) wurden nicht entdeckt.

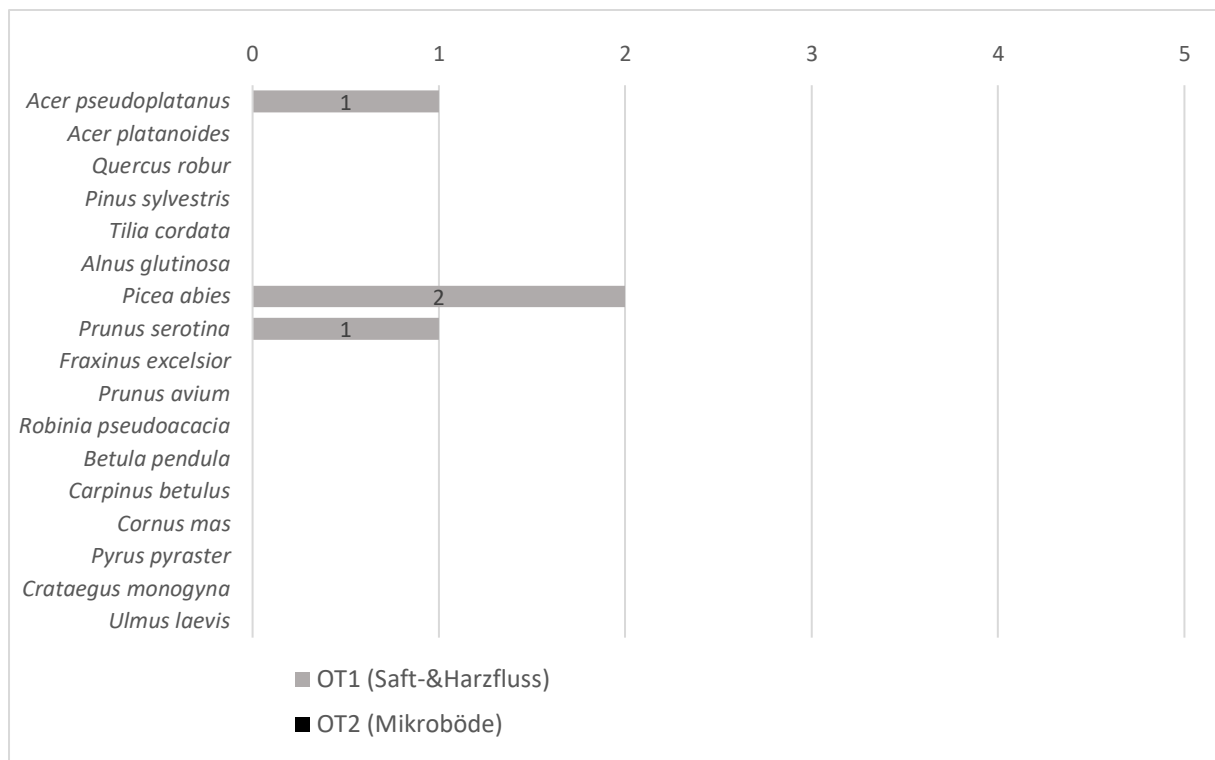


Abbildung 18: Verteilung der Habitat-Gruppe "Andere"

Am häufigsten war Saft- und Harzfluss (OT1) an der Nadelbaumart *P. abies* anzutreffen (Abbildung 18). Außerdem kam er an *A. pseudoplatanus* und *P. serotina* vor. Der Habitat-Typ Mikroböden (OT2) konnte auf der Untersuchungsfläche nicht vernommen werden. Mit einem Vorkommen von vier Mal war das Habitat Saft- und Harzfluss (OT1) auf der Fläche als selten zu bewerten.

Tabelle 7: Zusammenhang zwischen dem BHD und dem Vorkommen von Habitaten

Anzahl Bäume	BHD	Anzahl Bäume mit Habitat	Anteil Bäume mit Habitat	Summe Habitate
130	7 bis 10	32	25%	42
166	11 bis 20	51	31%	75
101	21 bis 30	35	35%	57
48	31 bis 40	23	48%	32
33	41 bis 50	21	64%	33
21	51 bis 60	13	62%	16
11	61 bis 70	9	82%	17
11	71 bis 80	10	91%	25

Es wurde der Zusammenhang zwischen den Baummikrohabitaten und dem BHD untersucht (Tabelle 7). Hierbei war festzustellen, dass ein Viertel aller Bäume den geringsten BHD von 7 cm - 10 cm besaß. Von diesen 130 Gehölzen, wiesen jedoch nur 32 überhaupt Habitate auf, was wiederum einem Viertel entsprach. Die höchste Anzahl an Bäumen wurde mit einem Durchmesser von 11 cm - 20 cm gefunden. In dieser Gruppierung wurden aufgrund der hohen Baumanzahl auch die meisten Habitate entdeckt, wobei hier nur 31 % der Bäume über ein solches verfügten.

Insgesamt wurden 101 Bäume mit einem Durchmesser von 21 cm - 30 cm aufgenommen und 35 % dieser Gehölze hatten Baummikrohabitate. Auffallend ist, dass die Anzahl der Bäume in den weiteren fünf Gruppierungen gesunken ist, wohingegen der Anteil der Bäume mit Habitaten signifikant gestiegen ist. Die dicksten Bäume mit 71 cm - 80 cm Durchmesser waren mit insgesamt 11 Stück zwar wenig, jedoch hatten 91 % davon wertvolle Habitate.

Zusammenfassend kann man sagen, dass weniger Bäume mit hohem Durchmesser vorhanden waren, aber sie dennoch mehr Baummikrohabitate aufwiesen. Schließlich ist noch anzumerken, dass 194 von 521 Bäumen über mindestens ein Baummikrohabitat verfügten, was einem Anteil von 37 % entspricht.

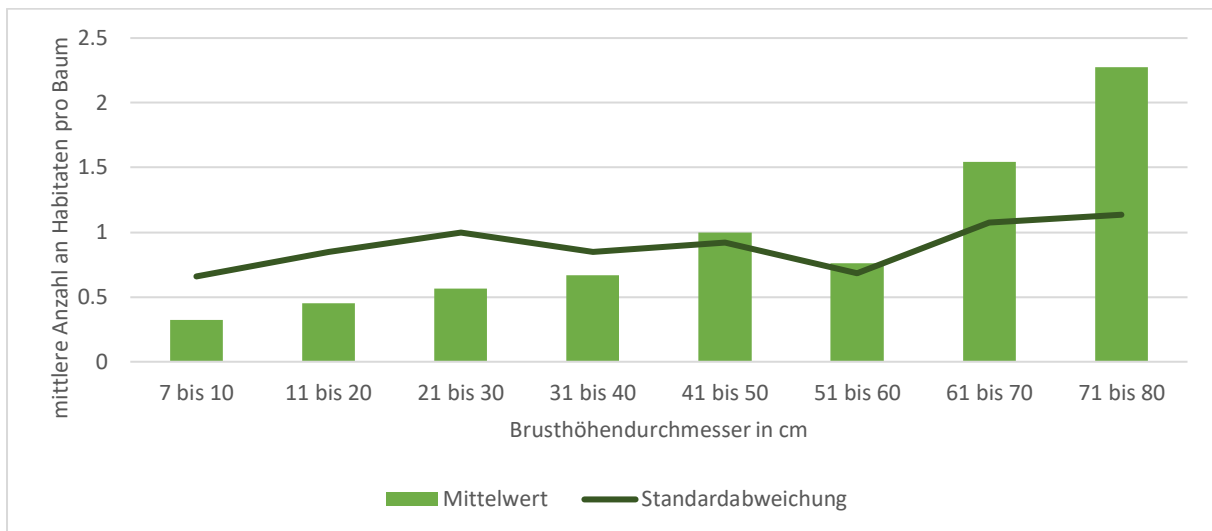


Abbildung 19: mittlere Anzahl an Habitaten pro Baum in Bezug auf den BHD

Es wurde deutlich, dass der Mittelwert der Anzahl an Habitaten pro Baum mit zunehmendem BHD anstieg (Abbildung 19). Im Durchschnitt waren also mehr Baummikrohabitate an dickeren Bäumen vorhanden. Der Anstieg der mittleren Anzahl an Habitaten erfolgte nahezu linear, abgesehen von der Durchmesserklasse 51 cm - 60 cm, bei der es zu einer geringen Schwankung kam. Die Standardabweichung war in den letzten beiden Durchmesserklassen > 1, in den anderen Gruppen jedoch immer kleiner. Somit konnte man von einer annähernden Normalverteilung der Daten ausgehen. Hier ließ sich also ein Zusammenhang zwischen dem BHD und dem Vorhandensein von Baummikrohabitaten erkennen. Je dicker die Bäume desto größer war die Wahrscheinlichkeit, bedeutsame Lebensräume vorzufinden.

Tabelle 8: Zusammenhang zwischen der Höhe und dem Vorkommen von Habitaten

Anzahl Bäume	Höhe	Anzahl Bäume mit Habitat	Anteil Bäume mit Habitat	Summe Habitate
12	3 bis 5	10	83%	17
143	6 bis 10	36	25%	62
96	11 bis 15	30	31%	40
105	16 bis 20	34	32%	47
91	21 bis 25	39	43%	54
55	26 bis 30	32	58%	51
19	31 bis 35	13	68%	26

Eine weitere Untersuchung wurde in Bezug auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Baumhöhe und dem Vorhandensein von Baummikrohabitaten durchgeführt (Tabelle 8). Die geringste Anzahl von Bäumen wurde mit einer Höhe von 3 m - 5 m gefunden. Von den 12 Bäumen hatten jedoch 10 mindestens ein Mikrohabitat, was 83 % entspricht. Die meisten Bäume besaßen eine Höhe von 6 - 10 m, allerdings konnten nur 25 % davon ein Habitat vorweisen. Eine ähnlich hohe Anzahl an Bäumen hatte eine Höhe von 11 m - 15 m, 16 m - 20 m und 21 m - 25 m, hier konnten an zwischen 30 % und 40 % der Gehölze Baummikrohabitate gefunden werden.

Einen Anteil an Bäumen mit Habitaten von 58 % konnte man an den Arten mit der Höhe von 26 m - 30 m finden. Die 19 höchsten Bäume auf der Untersuchungsfläche befanden sich im Bereich von 31 m - 35 m. Von diesen Individuen hatten 13 Stück ein oder mehrere Habitate, was einem Anteil von 68 % entspricht.

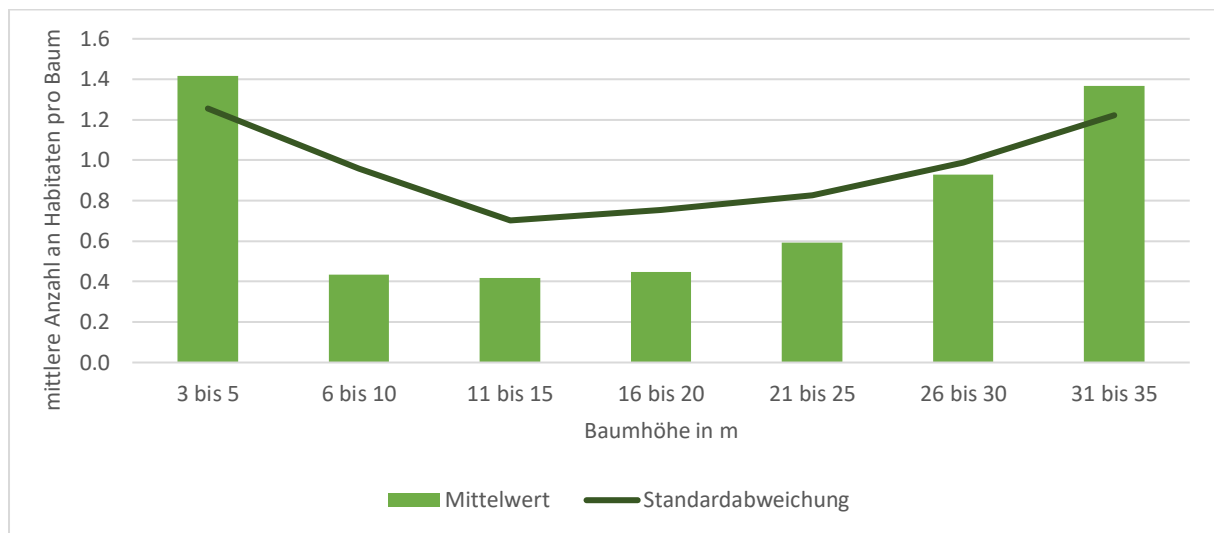


Abbildung 20: mittlere Anzahl an Habitatbäumen in Bezug auf die Höhe

Der Mittelwert der Anzahl an Habitaten pro Baum unterlag keinem linearen Anstieg, sondern verhielt sich in Bezug auf die Baumhöhe eher unregelmäßig (Abbildung 20). Im Durchschnitt waren die meisten Habitate an Bäumen mit einer Höhe von 3 m - 5 m oder 31 m - 35 m vorzufinden. In den Höhenklassen dazwischen war die durchschnittliche Anzahl von Habitaten pro Baum überall < 1 . Die Standardabweichung war in der ersten und letzten Höhenklasse > 1 und dazwischen immer geringer. In diesem Fall konnte man davon ausgehen, dass die Daten annähernd normal verteilt waren.

Schlussendlich kann man sagen, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe und der Existenz von Baummikrohabitaten ersichtlich ist. Da sowohl sehr kleine als auch sehr hohe Bäume wertvolle Lebensräume aufweisen können.

3.3 Ergebnisse der Simulation

Die Ergebnisse des folgenden Abschnitts beruhen einerseits auf der Umsetzung der Strategien des Managementplans (siehe Tabelle 2). Andererseits wurden darüber hinaus individuelle Maßnahmen innerhalb der Simulationsübung gewählt. Dazu sind nach eigenem Ermessen Entscheidungen über den Erhalt und die Entnahme einiger Gehölze getroffen worden. Ziel dabei war es, Habitate zu sichern und dennoch einen ökonomischen Ertrag zu erwirtschaften, um die Vereinbarkeit von Naturschutz und Forstwirtschaft zu untersuchen.

3.3.1 Ausgangsbestand

Tabelle 9: Übersicht des Ausgangsbestandes (von der Software „I+“)

Baumarten	N/ha	Grundfläche (m ²)	Volumen (m ³)	Ökonomischer Wert (€)	Habitatwert (Pkt)	Mikrohabitate (N)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	214	10,1	105,5	7126	1040	99
<i>Prunus serotina</i>	134	1,5	7,7	139	798	58
<i>Tilia cordata</i>	51	1,9	16,4	555	238	24
<i>Pinus sylvestris</i>	41	9,5	131,6	8947	436	29
<i>Quercus robur</i>	34	7,3	111,6	15961	653	45
<i>Acer platanoides</i>	10	0,2	2,0	74	26	2
<i>Ulmus laevis</i>	6	0,0	0,2	2	50	5
<i>Betula pendula</i>	6	0,2	1,6	51	88	8
<i>Picea abies</i>	6	0,6	7,4	503	13	3
<i>Alnus glutinosa</i>	4	0,8	10,0	498	93	7
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	0,5	5,4	435	22	4
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	0,2	2,2	121	16	3
<i>Crataegus monogyna</i>	2	0,0	0,0	0	4	1
<i>Cornus mas</i>	2	0,0	0,1	1	68	3
<i>Prunus avium</i>	2	0,2	2,6	278	90	3
<i>Carpinus betulus</i>	1	0,0	0,4	13	0	0
<i>Pyrus pyraeaster</i>	1	0,0	0,1	5	60	3
Gesamt	521	33,1	405,0	34710	3695	297

Nach der Fertigstellung der Datenaufnahme für das Marteloskop ergaben sich folgende Werte, durch welche sich die Untersuchungsfläche charakterisieren ließ (Tabelle 9). Insgesamt wurden auf der Fläche 521 Bäume erfasst, welche eine Grundfläche von 33,1 m²/ha ergeben. Der Vorrat der Fläche betrug dabei 405,0 m³/ha, woraus sich die Erntefestmeter mit 316,1 m³/ha ableiten lassen. Zum größten Teil des Volumens sowie auch zur Grundfläche trugen *A. pseudoplatanus*, *P. sylvestris* und *Q. robur* bei. Der ökonomische Wert aller Gehölze auf der Fläche lag bei 34710 €. Er setzt sich aus der Stammqualität, dem Volumen und den aktuellen Holzpreisen eines jeden Baumes zusammen. Dementsprechend führt ein großes Volumen, ein hochwertiger Zustand des Stammes sowie eine erhöhte Bepreisung zu einem beachtlichen ökonomischen Wert. In Kapitel 2.3 wurde dieser Zusammenhang genauer erläutert. In Tabelle 4 ist der mittlere ökonomische Wert dargestellt, welcher für ein besseres Verständnis von Tabelle 9 sorgt. Fast die Hälfte des Betrages waren die 34 erfassten Exemplare von *Q. robur* wert. Ein weiterhin hoher ökonomischer Wert ließ sich mit 8947 €, der Gehölzart *P. sylvestris* zuordnen. Durch den großen Anteil an *A. pseudoplatanus* auf der Fläche, war auch hier der ökonomische Wert hoch. Einen geringeren Wert wiesen *P. serotina* und *T. cordata* auf, obwohl sie zu den am häufigsten auftretenden Arten zählen. Die Gehölze der Arten *F. excelsior*, *A. glutinosa* und *P. abies* hingegen galten im Vergleich zu ihrer geringen Anzahl als ökonomisch wertvoll.

In Bezug auf den ökologischen Wert wurden bei *A. pseudoplatanus* mit 99 Stück die meisten Mikrohabitate erfasst. Dementsprechend hoch war der Habitatwert mit 1040 Punkten. *Prunus serotina* besaß einen ähnlich hohen Habitatwert bei einer geringeren Anzahl an Mikrohabitaten. Auffallend bei *Q. robur* war die zur Baumanzahl vergleichsweise hohe Anzahl an Mikrohabitaten, wobei die 45 Mikrohabitate einen Habitatwert von 653 Punkten ergaben. Bei *C. mas* und *P. avium* konnte festgestellt werden, dass die wenig auftretenden Mikrohabitate einen hohen Habitatwert ergaben, was auf die Existenz wertvoller Habitate hindeutete. Insgesamt wurden 297 Mikrohabitate erfasst, wodurch ein Habitatwert von 3695 Punkten erzeugt werden konnte. Der Habitatwert eines jeden Baumes variiert aufgrund der unterschiedlich auftretenden Habitate, welche einer individuell errechneten Punktzahl unterliegen. Die Punktzahl eines Habitats setzt sich aus der Entstehungszeit und der Seltenheit zusammen. Zu finden sind die einzelnen Habitate mit ihrer jeweiligen Punktzahl in Kapitel 2.6 in der Tabelle 3.

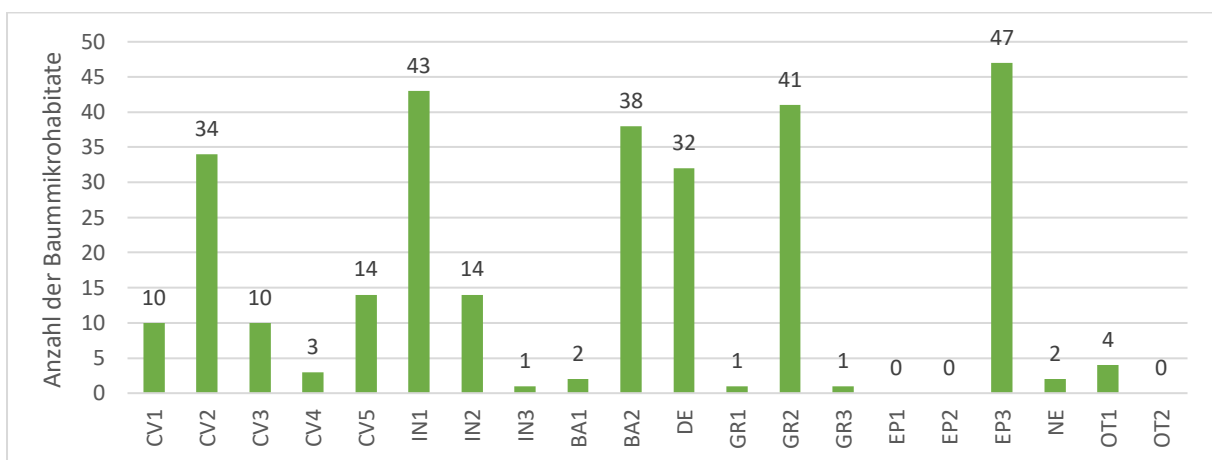


Abbildung 21: Ausgangssituation der Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)

Von den 297 identifizierten Habitaten, waren 47 Habitate und somit die meisten den Epiphytischen Krypto- und Phanerogame (EP3) zuzuordnen (Abbildung 21). Weiterhin häufig kamen freiliegendes Splintholz (IN1), Hexenbesen (GR2), eine zerklüftete Rindenstruktur (BA2), Totholz (DE) und Stamm- und Mulmhöhlen (CV2) vor. In geringerer Anzahl konnten Spechthöhlen (CV1), Asthöhlen (CV3), Insektengallerien und Bohrlöcher (CV5) sowie freiliegendes Kernholz / Stamm- und Kronenbruch (IN2) vorgefunden werden. Vereinzelt und somit eher selten wurden Risse sowie Spalten (IN3), Rindentaschen (BA1), Stammfußhöhlen (GR1) und Krebse sowie Maserknollen (GR3) erfasst. Pilzfruchtkörper (EP1), Myxomyceten (EP2) und Mikroböden (OT2) waren nicht vorzufinden. Insgesamt war festzustellen, dass viele sehr unterschiedliche Baummikrohabitate auf der Untersuchungsfläche auftraten.

3.3.2 Konfliktbäume

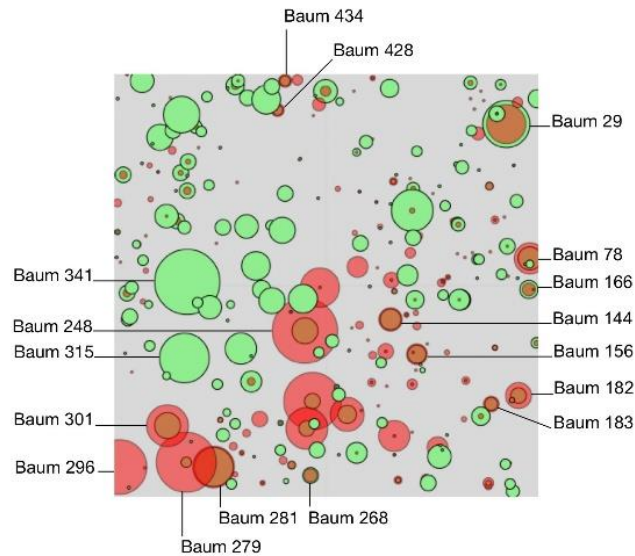


Abbildung 22: Verteilung der Konfliktbäume im Marteloskop (von der Software „I+“)

Durch die Software „I+“ wurde weiterhin eine Graphik über die Konfliktbäume des Marteloskopes erstellt (Abbildung 22). Hierbei fand eine Überlagerung des ökonomischen Wertes mit dem Habitatwert statt, wobei die grünen Kreise dem Habitatwert und die roten Kreise dem ökonomischen Wert der verschiedenen Bäume entsprechen. Ein besonders hoher Wert wird durch große Kreise symbolisiert, wohingegen kleine Kreise für einen geringen Wert stehen. Bäume mit besonders niedrigen Werten wurden in der Grafik nicht berücksichtigt. Es handelt sich um sogenannte „Konfliktbäume“, wenn sich der ökonomische Wert mit dem Habitatwert weitgehend überlagert.

Tabelle 10: Übersicht ausgewählter Bäume mit hohem oder niedrigem Konfliktpotential

Baumart	Baumnummer	ökonomischer Wert (€)	Habitatwert (Pkt)	Habitats
<i>Quercus robur</i>	29	955	76	CV21, CV22, DE13
<i>Quercus robur</i>	78	759	38	CV21, GR22
<i>Quercus robur</i>	182	599	24	DE13, GR22
<i>Quercus robur</i>	434	305	18	GR22
<i>Quercus robur</i>	281	1015	66	CV31, IN14, IN23, GR22
<i>Quercus robur</i>	428	289	16	IN14
<i>Quercus robur</i>	248	1554	44	CV21, DE13, GR22
<i>Quercus robur</i>	301	978	42	CV51, IN14, BA12, DE14
<i>Quercus robur</i>	296	1275	0	
<i>Quercus robur</i>	279	1424	18	GR22
<i>Prunus serotina</i>	341	5	108	CV15, CV51, IN14, IN22, BA21, EP31
<i>Prunus serotina</i>	315	0	84	CV51, IN14, IN22, IN24, EP31
<i>Pinus sylvestris</i>	183	358	23	DE11, GR21
<i>Pinus sylvestris</i>	268	318	27	EP35
<i>Pinus sylvestris</i>	144	576	33	DE13, EP35
<i>Pinus sylvestris</i>	156	476	31	IN23, DE11
<i>Acer pseudoplatanus</i>	166	310	30	CV23, CV41, BA21

Allgemein war festzustellen, dass auf der Marteloskop-Fläche sowohl Bäume mit geringem als auch mit hohem Konfliktpotenzial auftraten. Bei den Bäumen mit einem erhöhten Konfliktpotenzial handelte es sich oftmals um Exemplare der Art *Q. robur* (Tabelle 10).

Einerseits wies beispielsweise Baum 281 einen hohen Geldwert von rund 1015 € auf. Andererseits konnten Habitate wie eine Asthöhle, freiliegendes Splintholz, Starkastabbruch und Wasserreiser erfasst werden, welche einen Habitatwert von 66 Punkten ergaben. Da beide Werte hoch sind, ergibt sich ein starker Konflikt, bei dem eine Abwägung stattfinden muss. Jedoch konnten auch Bäume der Art *Q. robur* ermittelt werden, welche lediglich einen hohen ökonomischen Wert besaßen (Nummer 296 und 279). Das Konfliktpotenzial beider Bäume war daher sehr gering beziehungsweise bei Baum 296 nicht vorhanden. Auch bei anderen Baumarten wie *P. sylvestris* oder *A. pseudoplatanus* war eine Überlagerung des Habitatwertes mit dem ökonomischen Wert festzustellen. Bei diesen Baumarten ist der ökonomische Wert sowie der Habitatwert im Vergleich zu *Q. robur* jedoch etwas geringer ausgefallen. Dennoch muss bei diesen Bäumen aufgrund der Überlagerung eine Abwägung stattfinden. Auf der Fläche traten weiterhin Bäume auf, welche lediglich einen hohen Habitatwert aufwiesen und somit kein Konfliktpotential entstand. Dabei handelte es sich beispielsweise um die Bäume 341 und 315 der Art *P. serotina*, welche unter anderem Habitate wie Insektengallerien, freiliegendes Splintholz und epiphytische Moose beherbergten. Der ökonomische Wert dieser Bäume ist mit rund 5 € und 0 € äußerst gering.

3.3.3 Ausgeschiedener Bestand

Tabelle 11: Übersicht des ausgeschiedenen Bestandes (von der Software „I+“)

Baumarten	N/ha	Grundfläche (m ²)	Volumen (m ³)	Ökonomischer Wert (€)	Habitatwert (Pkt)	Mikrohabitate (N)
<i>Prunus serotina</i>	102	0,9	4,7	68	54	4
<i>Acer pseudoplatanus</i>	29	1,2	12,4	772	42	3
<i>Pinus sylvestris</i>	16	3,4	46,4	3160	53	5
<i>Tilia cordata</i>	4	0,1	0,4	6	4	1
<i>Quercus robur</i>	3	0,3	3,6	542	0	0
<i>Acer platanoides</i>	1	0,0	0,2	5	0	0
<i>Picea abies</i>	1	0,1	0,6	40	0	0
<i>Ulmus laevis</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Pyrus pyraeaster</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Alnus glutinosa</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Fraxinus excelsior</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Crataegus monogyna</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Cornus mas</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Carpinus betulus</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Betula pendula</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
<i>Prunus avium</i>	0	0,0	0,0	0	0	0
Gesamt	156	5,9	68,4	4593	153	13

Auf der Versuchsfläche wurden nur Bäume der Arten *P. serotina*, *A. pseudoplatanus*, *P. sylvestris*, *T. cordata*, *Q. robur*, *A. platanoides* und *P. abies* in der Simulation entnommen (Tabelle 11). Hierbei wurde vorrangig *P. serotina* gewählt, bei der es sich um eine invasive Art handelt. Der höchste Verlust an Grundfläche wurde durch die Entnahme von *P. sylvestris* hervorgerufen, obwohl nur 16 Stück weggefallen sind. Einen hohen Volumenanteil, der verloren gehen würde, haben die Arten *P. sylvestris* und *A. pseudoplatanus*, wohingegen bei den anderen Gehölzen nicht so viel vorhanden ist. Den höchsten Geldwert bringt in diesem Szenario das Ernten der 16 *P. sylvestris*. Außerdem bringen die 29 *A. pseudoplatanus* viel Geld und für die geringe Anzahl von nur drei Stämmen, bringen die *Q. robur* eine vergleichsweise hohe Summe. Obwohl die Herausnahme von *P. serotina* mit 102 die höchste Anzahl aufweist, ergibt sich daraus jedoch ein sehr geringer ökonomischer Wert. Insgesamt gibt es einen Verlust von einem Habitatwert über 153 Punkte, wobei insgesamt 13 Baummikrohabitate verloren gehen.

Die hohe Punktzahl der verlorenen Baummikrohabitate kam zustande durch die Entnahme von *P. sylvestris* mit Totästen und Misteln. Hierbei wurde ein Baum mit einer Mistel herausgenommen, weshalb 27 Habitat-Punkte verloren gingen. Durch die Ernte von vier zusätzlichen *P. sylvestris* mit Totholzanteil, gab es einen Verlust von 26 Punkten. Des Weiteren wurden in der Simulation drei *A. pseudoplatanus* mit Baummikrohabitaten virtuell gefällt. Dabei befanden sich an zwei der Gehölzen Wasserreiser, welche jeweils einen Wert von 18 Punkten aufwiesen. Außerdem gingen 6 Habitat-Punkte verloren, da ein *A. pseudoplatanus* eine grobe Rindenstruktur besaß. Ein geringerer Wegfall von nur 4 Punkten kam zu Stande, aufgrund der Ernte einer *T. cordata* mit epiphytischem Moosbewuchs. Insgesamt wurden noch vier *P. serotina* mit Baummikrohabitaten entnommen. An dieser Stelle kam es zu einem Defizit von 6 Habitat-Punkten durch einen Baum mit einer groben Rindenstruktur. Zwei der Bäume wiesen freiliegendes Splintholz auf, was schlussendlich zu einem Schwund von 16 Punkten führte. Den höchsten Verlust durch das Entfernen eines Baumes mit einem Habitat gab es durch die Entnahme einer *P. serotina* mit Saftfluss. Dies führte zu einem Wegfall von 32 Habitat-Punkten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit 153 Punkten zwar einige Habitate in der Simulation verloren gegangen sind, jedoch mit 3542 Punkten die meisten Habitate erhalten wurden. Insgesamt wiesen von den 156 virtuell gefällten Bäumen nur 13 Stück ein Baummikrohabitat auf, was ebenfalls dafür spricht, dass vorrangig Bäume ohne Habitate entnommen wurden. Außerdem wurden hauptsächlich Bäume mit weniger wertvollen Lebensräumen aussortiert.

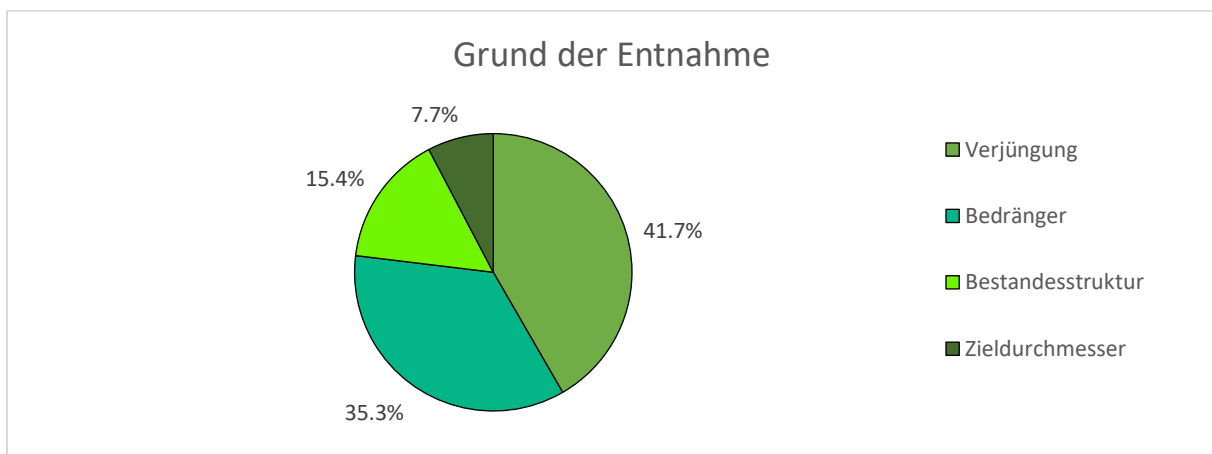


Abbildung 23: Verteilung der Entnahmegründe für den ausgeschiedenen Bestand (von der Software „I+“)

Deutlich wird, dass die hauptsächlichsten Gründe für die Entnahme von Bäumen zum Zweck der Verjüngung und aufgrund von Bedrängung gewählt wurden (Abbildung 23). Um die Verjüngung an bestimmten Stellen des Untersuchungsgebietes zu fördern, wurden Bäume in der Simulation entnommen, in deren unmittelbarer Nähe bereits Naturverjüngung von wertvolleren Baumarten zu sehen war. Die Bedrängung von schützenswerten Habitatbäumen oder Hauptbaumarten der Lebensraumtypen führte dazu, dass die störenden Bäume entfernt wurden. Daraufhin wurden weiterhin Bäume zwecks der Bestandesstruktur entnommen. Die geringste Anzahl an Bäumen wurde infolge eines erreichten Zieldurchmessers aus dem Bestand virtuell entfernt.

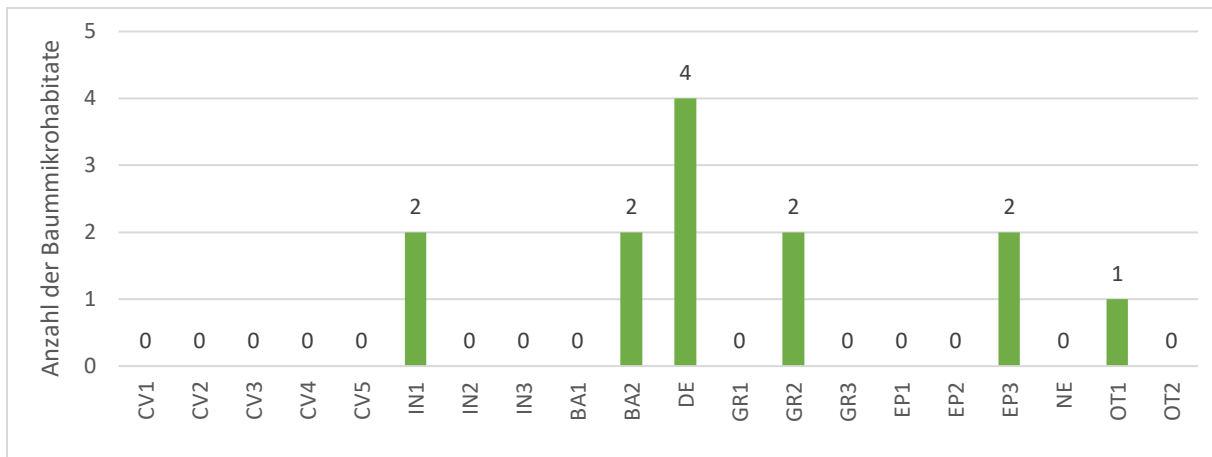


Abbildung 24: Verteilung der ausgeschiedenen Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)

Insgesamt wurden nicht viele Bäume mit Habitaten entnommen, wie man in Abbildung 24 sehen kann. Es wurden 13 Mikrohabitate von insgesamt 156 Bäumen (siehe Tabelle 11) in der Simulation entfernt. Hierbei war am häufigsten das Habitat Totholz (DE) betroffen. Des Weiteren gab es einen geringen Verlust an freiliegendem Splintholz (IN1), Rindenstruktur (BA2), Hexenbesen (GR2) und epiphytische Krypto- und Phanerogame (EP3). Einmalig wurde ein Baum mit Saft- und Harzfluss (OT1) aus dem Bestand herausgenommen. Schließlich ist anzumerken, dass sehr wenig Baummikrohabitate durch die Simulation verloren gegangen sind, und demzufolge vorrangig Bäume ohne wertvolle Habitate entfernt wurden.

3.3.4 Erhaltener Bestand

Tabelle 12: Übersicht des erhaltenen Bestandes (von der Software „I+“)

Baumarten	N/ha	Grundfläche (m ²)	Volumen (m ³)	Ökonomischer Wert (€)	Habitatwert (Pkt)	Mikrohabitate (N)
<i>Quercus robur</i>	17	5,6	89,2	13048	495	33
<i>Tilia cordata</i>	12	0,5	4,3	173	116	11
<i>Acer pseudoplatanus</i>	11	1,3	15,7	1180	217	18
<i>Prunus serotina</i>	10	0,3	1,4	35	408	30
<i>Ulmus laevis</i>	5	0,0	0,1	1	50	5
<i>Alnus glutinosa</i>	4	0,8	10,0	489	93	7
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	0,5	5,4	435	22	4
<i>Betula pendula</i>	4	0,1	1,3	42	82	7
<i>Acer platanoides</i>	3	0,1	0,8	23	26	2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	0,2	2,2	121	16	3
<i>Picea abies</i>	2	0,2	2,1	139	5	1
<i>Pinus sylvestris</i>	2	0,3	2,3	155	58	4
<i>Crataegus monogyna</i>	2	0,0	0,0	0	4	1
<i>Cornus mas</i>	2	0,0	0,1	1	68	3
<i>Prunus avium</i>	2	0,2	2,6	278	90	3
<i>Pyrus pyraeaster</i>	1	0,0	0,1	5	60	3
<i>Carpinus betulus</i>	1	0,0	0,4	13	0	0
Gesamt	85	10,2	138,1	16148	1810	135

Einige Bäume wurden innerhalb der Simulation explizit erhalten, wobei dies aus unterschiedlichen Gründen geschehen konnte. Insgesamt wurden 85 Individuen gezielt erhalten, und dabei war jede Baumart mindestens einmal vertreten (Tabelle 12). Am häufigsten wurde *Q. robur* gewählt, welche auch die meiste Grundfläche, das höchste Volumen, den wesentlichsten Geldwert und den größten Habitatwert aufwies.

Durch das Behalten dieser Art auf der Fläche ging zwar viel Geld verloren, da die Bäume nicht geerntet werden konnten, es wurden jedoch aber viele wertvolle Habitats geschützt, und somit gleichzeitig auch die Arten, welche auf diese Lebensräume angewiesen sind. Ebenfalls erhalten wurden 10 *P. serotina*, obwohl es sich dabei um eine invasive Art handelte. Jedoch wurde dabei ein hoher Habitatwert von 408 Punkten gesichert, was den Erhalt erklärt. Auffällig ist weiterhin, dass ein vergleichsweise großer, ökonomischer Wert durch das Beibehalten der Arten *A. glutinosa* und *F. excelsior* nicht eingenommen werden konnte. Jedoch wurden diese Arten aufgrund ihrer Seltenheit und Bedeutung für den Lebensraumtyp geschützt. Trotz ihrer geringen Anzahl besaßen die Arten *C. mas*, *P. avium* und *P. pyraeaster* einen ziemlich bedeutenden Habitatwert, was ihren Erhalt ebenfalls erklärt. Den höchsten Teil der Anzahl an Baumhabitats machten die Arten *Q. robur*, *T. cordata*, *A. pseudoplatanus* und *P. serotina* aus, wobei von diesen Arten auch die meisten Individuen erhalten wurden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Vergleich zu den 156 entnommenen Bäumen, deutlich weniger gezielt erhalten wurden. Jedoch ging bei der Entnahme ein Habitatwert von 153 Punkten verloren, wohingegen hierbei 1810 Punkte gesichert wurden. Allerdings gab es durch den Erhalt der Bäume einen Verlust von 16148 €, und durch die Entnahme konnten nur 4593 € verdient werden. Der Grund für den hohen Geldverlust lag vor allem an dem Schutz der *Q. robur*, aufgrund der vielen Habitats an dieser Baumart. Festzustellen ist, dass der Erhalt von Baumarten immer mit einem Verlust von Geld einhergeht, und es an dieser Stelle zwischen ökonomischer und ökologischer Bedeutsamkeit abzuwägen gilt.

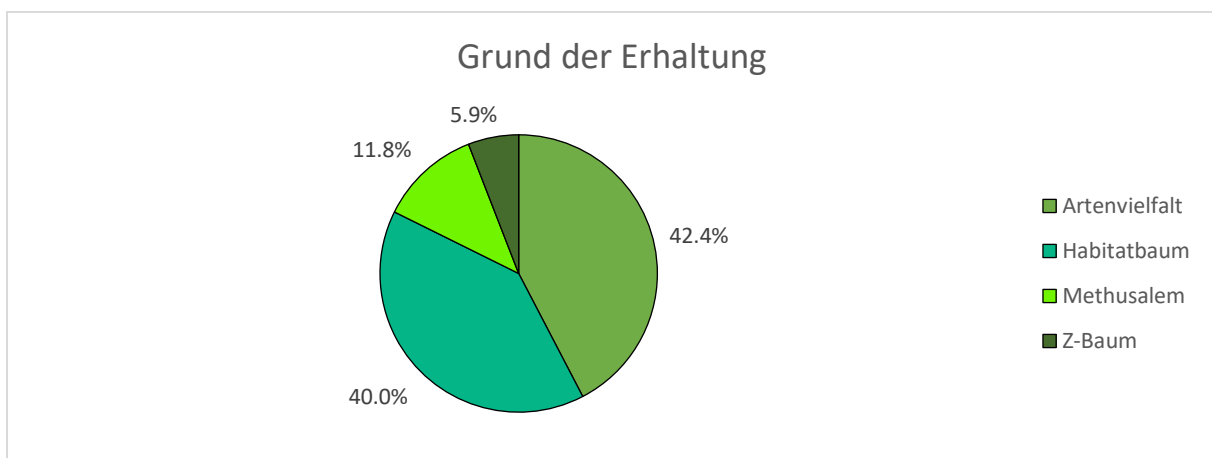


Abbildung 25: Verteilung der Erhaltungsgründe für den Bestand (von der Software „I+“)

Es gab in der Simulation verschiedene Gründe, um einen Baum zu erhalten. Vorrangig wurden die Gehölze aufgrund der Artenvielfalt und weil es sich um Habitatbäume handelte, geschützt (Abbildung 25). Bei der Artenvielfalt wurde ein besonderes Augenmerk auf seltene Arten in der Untersuchungsfläche und auf wichtige Arten für den Lebensraumtyp gelegt. Bei der Auswahlmöglichkeit „Habitatbaum“ wurden besonders Bäume mit vielen, oder aber seltenen Baumhabitats gewählt. Einige Bäume wurden hinsichtlich ihrer Entwicklung zum Methusalem, oder des bereits erreichten Durchmessers beziehungsweise eines hohen Alters erhalten. Nur wenig Bäume erfüllten in unseren Augen die Ansprüche für eine Bewahrung als Z-Baum (Zukunftsbaum), wobei sie besonders gerade gewachsen sein mussten, um bei einer späteren Ernte einen hohen ökonomischen Wert aufzuweisen.

3.3.5 Verbleibender Bestand

Tabelle 13: Übersicht des verbleibenden Bestandes (von der Software „I+“)

Baumarten	N/ha	Grundfläche (m ²)	Volumen (m ³)	Ökonomischer Wert (€)	Habitatwert (Pkt)	Mikrohabitate (N)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	185	8,9	93,1	6354	998	96
<i>Tilia cordata</i>	47	1,8	16,0	549	234	23
<i>Prunus serotina</i>	32	0,6	3,0	71	744	54
<i>Quercus robur</i>	31	7,0	108,0	15419	653	45
<i>Pinus sylvestris</i>	25	6,1	85,2	5788	383	24
<i>Acer platanoides</i>	9	0,2	1,8	69	26	2
<i>Ulmus laevis</i>	6	0,0	0,2	2	50	5
<i>Betula pendula</i>	6	0,2	1,6	51	88	8
<i>Picea abies</i>	5	0,5	6,8	464	13	3
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	0,5	5,4	435	22	4
<i>Alnus glutinosa</i>	4	0,8	10,0	498	93	7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3	0,2	2,2	121	16	3
<i>Crataegus monogyna</i>	2	0,0	0,0	0	4	1
<i>Cornus mas</i>	2	0,0	0,1	1	68	3
<i>Prunus avium</i>	2	0,2	2,6	278	90	3
<i>Carpinus betulus</i>	1	0,0	0,4	13	0	0
<i>Pyrus pyraaster</i>	1	0,0	0,1	5	60	3
Gesamt	365	27,1	336,6	30117	3542	284

Durch die Entnahme diverser Bäume innerhalb der Simulation ergab sich ein verbleibender Bestand (Tabelle 13). Dieser wurde um 156 Bäume verringert und umfasste somit noch 365 Bäume. Dabei sind weiterhin alle 17 Arten vertreten. Die am häufigsten vorkommende Baumart blieb *A. pseudoplatanus* mit 185 Bäumen. Viele Bäume der Art *P. serotina* wurden entnommen, weshalb von 134 lediglich 32 Bäume übrig blieben. Um fast die Hälfte wurde die Menge an *P. sylvestris* verringert. Die Anzahl der restlichen Baumarten veränderte sich kaum. Der Vorrat der Fläche wurde durch die Entnahme der Bäume von 405 m³/ha auf 336,6 m³/ha verringert, wobei das Volumen bei *P. sylvestris* erheblich reduziert wurde. Der ökonomische Wert des verbleibenden Bestandes betrug letztlich 30117 €. Die Baumarten *A. pseudoplatanus*, *Q. robur* und *P. sylvestris* trugen weiterhin am meisten zur Höhe dieses Betrages bei.

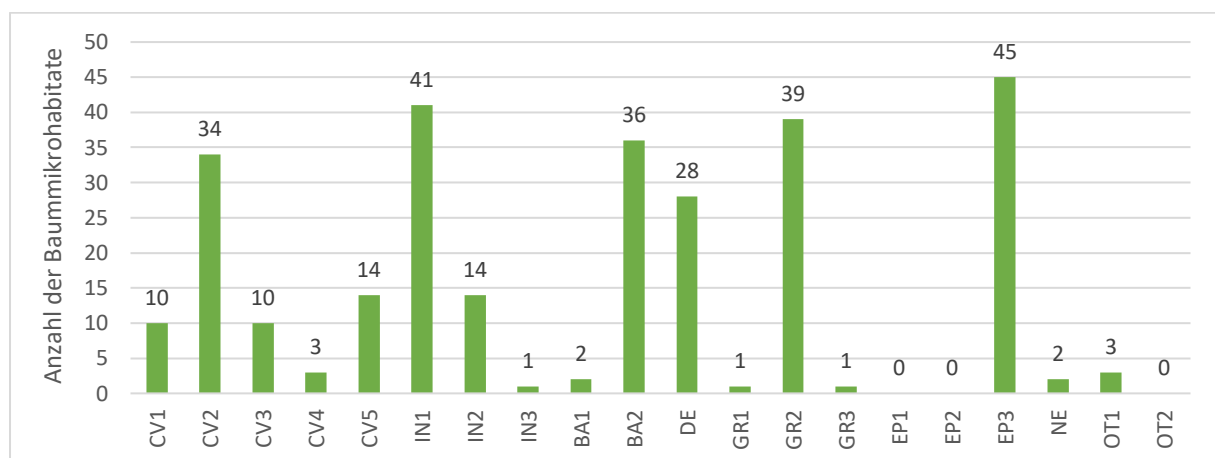


Abbildung 26: Verteilung der verbliebenen Habitate auf der Fläche (von der Software „I+“)

Von den 297 erfassten Mikrohabitaten blieben 284 bestehen. Dabei sind überwiegend Habitate verloren gegangen, welche in großer Menge vorzufinden waren, wie beispielsweise freiliegendes Splintholz (IN1), zerklüftete Rindenstruktur (BA2), Totholz (DE) oder Epiphytischen Krypto- und Phanerogame (EP3). Daher sind weiterhin viele Habitate dieser Arten existent gewesen (Abbildung 26). Lediglich vom Baummikrohabitat „Saft- und Harzfluss“ wurden vier Stück verzeichnet, wovon eins verloren gegangen ist. Weil keine Pilzfruchtkörper (EP1), Myxomyceten (EP2) und Mikroböden (OT2) erfasst wurden, konnten keine Habitate dieser Art verloren gehen. Die übrigen Habitate blieben alle in ihrer Anzahl erhalten. Auf *A. pseudoplatanus* waren gefolgt von *P. serotina* und *Q. robur* weiterhin die meisten Habitate vorzufinden. Der Habitatwert aller Bäume auf der Untersuchungsfläche wurde durch die Baumentnahme auf 3542 Punkte reduziert (Tabelle 13). Dabei kam es zu einem Verlust von 153 Punkten. Der Verlust der Punkte ist durch die Entnahme von Bäumen der Arten *P. sylvestris*, *A. pseudoplatanus*, *T. cordata* und *P. serotina* zustande gekommen. Jedoch hatten diese Arten zusammen mit *Q. robur* weiterhin die höchsten Habitatwerte. Bei der Entnahme anderer Arten blieb der Habitatwert in Bezug zur Ausgangssituation gleich. Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass nach der Entnahme der Bäume innerhalb der Simulation weiterhin viele unterschiedliche Baummikrohabitate vorhanden waren, welche einen Beitrag für die Biodiversität leisten.

3.4 Ergebnisse des Totholzes

Im folgenden Kapitel wurden die Ergebnisse der Totholzaufnahme ausgewertet. Das Totholz wurde separat erfasst und steht nicht in Verbindung mit dem Marteloskop und der damit einhergehenden Simulation. Die Aufnahme diente der Analyse des Totholz-Aufkommens auf der Fläche und der Beleuchtung von Defiziten gegenüber „Integrate+“ in der Diskussion.

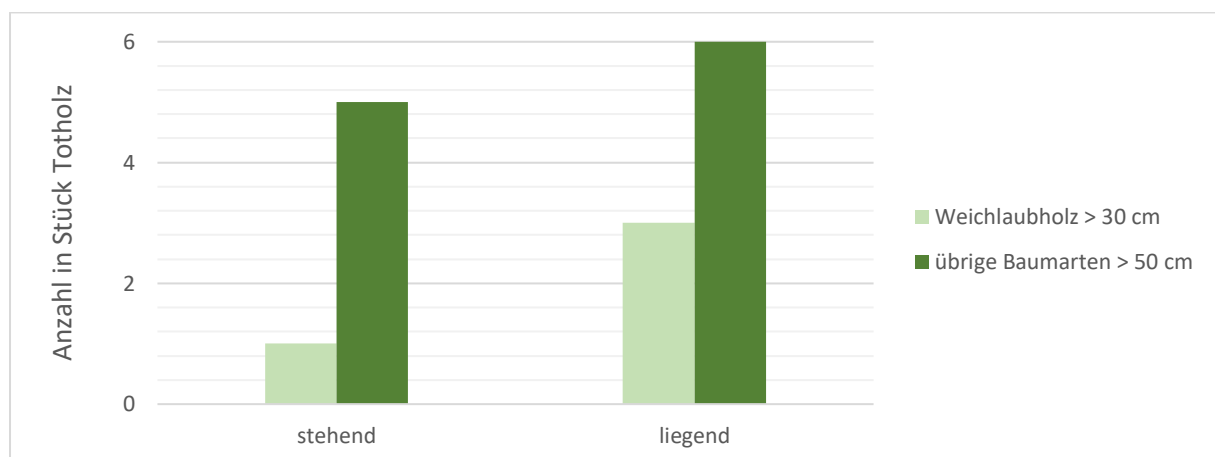


Abbildung 27: Gegenüberstellung des stehenden und liegenden Totholzes auf der Fläche

Zunächst wurde das erfasste Totholz der Weichlaubhölzer sowie das Totholz aller übrigen Baumarten im stehenden und liegenden Zustand verglichen (Abbildung 27). Bei den vorliegenden Daten handelte es sich ausschließlich um das nach der Kartieranleitung aufgenommene Totholz. Es war festzustellen, dass die Gesamtanzahl des Totholzes übriger Baumarten höher war als die des Weichlaubholzes. Das Verhältnis an liegendem oder stehendem Totholz war dabei nahezu ausgeglichen. Insgesamt betrug die Anzahl an stehendem Totholz sechs Stück und an Liegendem neun Stück.

Das in der Kartieranleitung enthaltene Kriterium „Totholz (stärkerer Dimensionen)“ hätte im Rahmen einer Lebensraumtypenbewertung aufgrund des Vorhandenseins von mehr als fünf Stück liegendes und stehendes Totholz daher mit „A – hervorragende Ausprägung“ bewertet werden können.

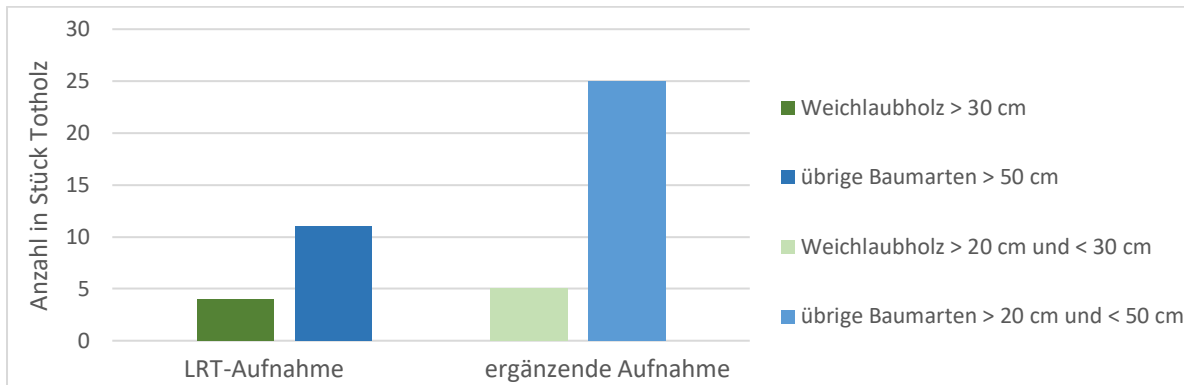


Abbildung 28: Vergleich der Lebensraumtyp-Aufnahme mit der ergänzenden Aufnahme

Im Folgenden wurde die Anzahl an Totholz verglichen, welches in der Aufnahme auf Grundlage der Lebensraumtyp Kartieranleitung und in der ergänzenden Aufnahme erfasst werden konnte (Abbildung 28). Bei der Aufnahme nach der Kartieranleitung wurde das Weichlaubholz ab einem Durchmesser von 30 cm aufgenommen. Alle übrigen Baumarten sind ab einem Durchmesser von 50 cm erfasst wurden. Bei der ergänzenden Aufnahme handelte es sich um die Anzahl an Weichlaubholz mit einem Durchmesser zwischen 20 cm und 30 cm und um übrige Baumarten mit einem Durchmesser zwischen 20 cm und 50 cm. Bei der Totholzaufnahme nach der Kartieranleitung konnten nur wenige Exemplare identifiziert werden. Dabei handelte es sich um vier Stück an Weichlaubholz und um 11 Stück aller übrigen Baumarten. Im Gegensatz dazu wurde bei der ergänzenden Aufnahme vor allem in Bezug auf die übrigen Baumarten wesentlich mehr Totholz erfasst. Bei den übrigen Baumarten konnte hier eine Anzahl von 25 Stück und beim Weichlaubholz eine Anzahl von fünf Stück verzeichnet werden. Durch die ergänzende Aufnahme erhöhte sich die Anzahl des Totholzes für die Auswertung signifikant. Anhand der Abbildung wird somit deutlich, dass allein die Aufnahme des Totholzes nach Kartieranleitung für weitere Analysen nicht aussagekräftig genug war. In den folgenden Auswertungen wurden daher die Daten der Aufnahme nach der Kartieranleitung mit den Daten der ergänzenden Aufnahme zusammengeführt.

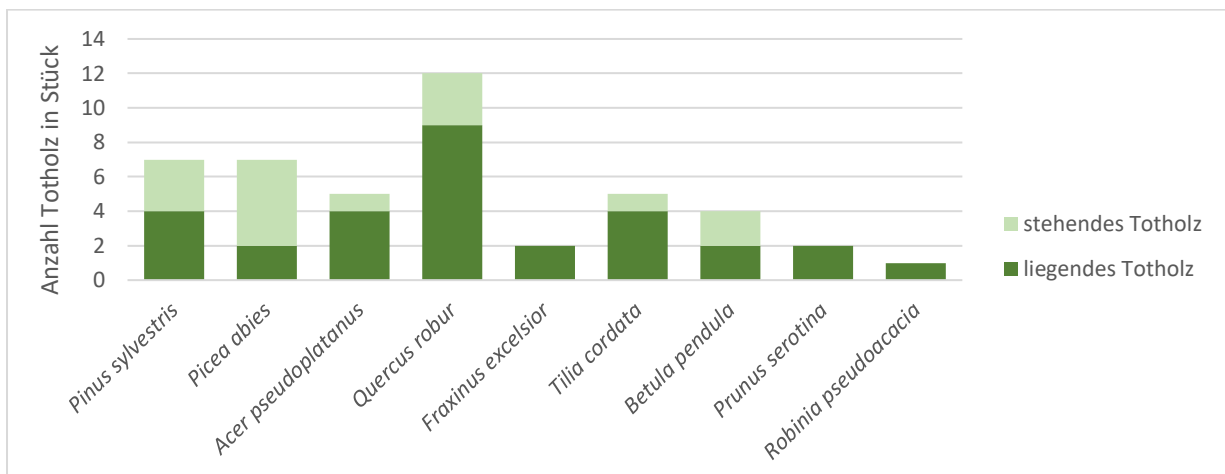


Abbildung 29: Darstellung des Totholzes in Bezug auf die Baumart

Weiterhin wurde die Anzahl an stehendem und liegendem Totholz in Bezug auf die verschiedenen Gehölzarten untersucht (Abbildung 29). Allgemein war festzustellen, dass mehr liegendes als stehendes Totholz vorhanden war. Dabei war die Anzahl an liegendem Totholz mit neun Stück bei *Q. robur* am höchsten. Weiterhin wurde bei den Gehölzarten *P. sylvestris*, *A. pseudoplatanus* und *T. cordata* jeweils vier Stück liegendes Totholz erfasst. Am wenigsten liegendes Totholz konnte bei den Gehölzarten *R. pseudoacacia*, *F. excelsior*, *P. abies* und *P. serotina* verzeichnet werden. Die Menge an stehendem Totholz war nur halb so groß wie die Menge an liegendem Totholz. Dabei konnte kein stehendes Totholz von *F. excelsior*, *P. serotina* oder *R. pseudoacacia* erfasst werden. Das meiste stehende Totholz wurde mit fünf Stück der Gehölzart *P. abies* zugeordnet. Vier Stück konnten als *P. sylvestris* identifiziert werden. Insgesamt war festzuhalten, dass *Q. robur* mit 12 Stück, das meiste Totholz vorzuweisen hatte. Eine weiterhin hohe Anzahl an Totholz konnte bei *P. sylvestris* und *P. abies* verzeichnet werden. Die Gesamtanzahl des stehenden Totholzes aller Gehölzarten betrug 16, während es bei dem liegenden Totholz 29 Stück waren.

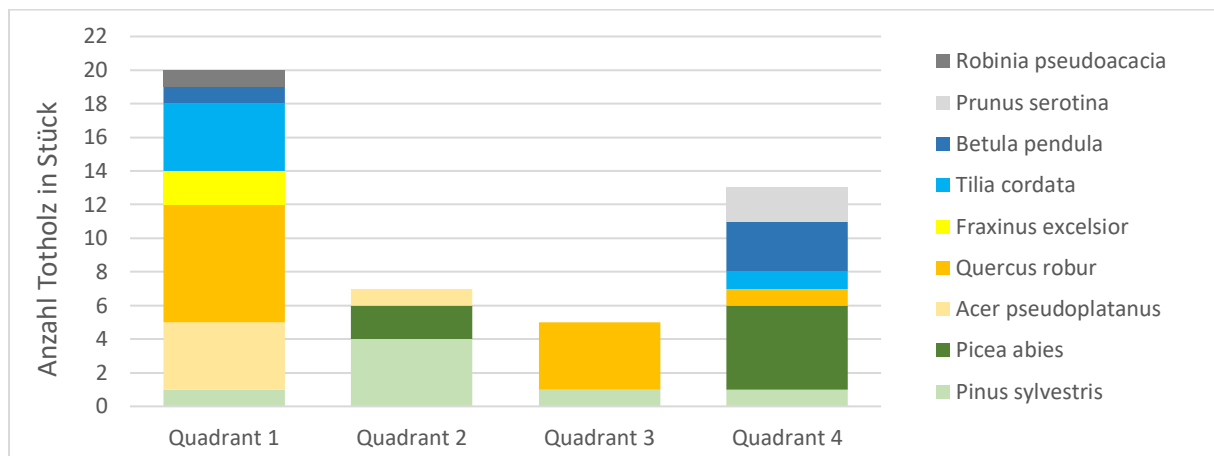


Abbildung 30: Verteilung des Totholzes der jeweiligen Baumart in den Quadranten

Auch das Totholz der verschiedenen Baumarten in Bezug auf die einzelnen Quadranten wurde analysiert (Abbildung 30). Das meiste Totholz konnte mit 20 Stück in Quadrant 1 und darauffolgend mit 13 Stück in Quadrant 4 vorgefunden werden. In Quadrant 1 war ein Großteil des Totholzes *Q. robur* zuzuordnen. Etwas weniger Totholz konnte von den Baumarten *T. cordata* und *A. pseudoplatanus* erfasst werden. Auffällig war das Vorkommen von Totholz der Gehölzart *F. excelsior* in Quadrant 1, welcher dem Lebensraumtyp 91E0 entspricht. In Quadrant 4 hingegen konnte überwiegend Totholz der Baumart *P. abies* und *B. pendula* verzeichnet werden. Prinzipiell wurde weniger Totholz in den Quadranten 2 und 3 erfasst, wo der Lebensraumtyp 9160 vorherrschend ist. Dabei stammte das meiste Totholz in Quadrant 2 von der Gehölzart *P. sylvestris* und in Quadrant 3 von *Q. robur*.

4. Diskussion

4.1 Marteloskop und Strategien

Bei der Errichtung von Marteloskopern steht im Vordergrund verschiedene waldbauliche Optionen innerhalb einer Eingriffssimulation zu visualisieren. In der Schweiz wurden diverse Marteloskope errichtet, welche sich thematisch stark auf die Forstwirtschaft beziehen. Beispielsweise sind die Eingriffssimulationen auf die Eichenförderung, eine klassische Plenterung oder die Jungwaldpflege ausgerichtet (Thormann et al. 2019). In Stahl und Hein (2022) hingegen wird beschrieben, wie das erste Plenterwald-Marteloskop in einem Privatwald eingerichtet wurde. Hier sind bisher nur wenige Mikrohabitatstrukturen vorhanden, was der „sauberen Waldwirtschaft“ geschuldet ist. Zukünftig soll diesen aber ein höherer Stellenwert zukommen, weshalb sie erhalten werden sollen. Die Studie von Santopuoli et al. (2019) beschreibt, dass Mikrohabitatstrukturen einen wichtigen ökologischen Beitrag leisten, da sie dazu dienen, Habitatbäume zu identifizieren und somit das Baumauswahlverfahren optimiert werden kann. Oftmals steht in Studien über Marteloskope die Beleuchtung der Entscheidungsprozesse hinsichtlich der Baumauswahl im Vordergrund, wie beispielsweise in Joa et al. (2020) beschrieben. Das im Zuge dieser Bachelorarbeit errichtete Marteloskop verfolgt jedoch ein anderes Ziel.

In Ähnlichkeit zu einem anderen in Deutschland errichteten Marteloskop, wie in Gemmingen-Guttenberg (2021) beschrieben, wurde auch das im Rahmen dieser Bachelorarbeit angelegte Marteloskop vor dem Hintergrund des Natur- und Artenschutzes errichtet. In diesem Fall befindet sich die Fläche, welche zur Anlage diente, jedoch in einem FFH-Gebiet innerhalb zweier verschiedener Lebensraumtypen. Santopuoli et al. (2019) stellen in dieser Hinsicht fest, dass eine Beurteilung von Bäumen und deren Habitatstrukturen während des Baumauswahlverfahrens zugunsten der Biodiversität in Natura 2000 Gebieten und auch außerhalb davon optimiert werden muss. Bereits in Brandenburg und in Nordrhein-Westfalen wurden Marteloskope innerhalb eines Natura 2000 Schutzgebietes geschaffen. Das in der Nähe von Bonn gelegene Marteloskop „Jägerhäuschen“ wurde zur Umsetzung des Schutzes der Eichen-Hainbuchenwälder sowie der darin beheimateten Fauna errichtet (Striepen & Tröltzsch 2017). Nach Schuck et al. (2020) sind insbesondere nicht bewirtschaftete Waldflächen von Interesse, um sich hinsichtlich der Biodiversität und der im Ökosystem Wald ablaufenden Prozesse weiterzubilden. FFH-Gebiete, die prinzipiell das Ziel der Erhaltung der biologischen Vielfalt verfolgen und grundsätzlich weniger bewirtschaftet werden, eignen sich in unseren Augen bezüglich der Weiterbildung daher sehr. Bei dem im Rahmen dieser Bachelorarbeit angelegten Marteloskop sollte es zielführend sein, zu überprüfen, ob sich die Strategien des Managementplans, welche einen bestimmten Zielzustand vorsehen, mit Hilfe eines Marteloskopes abbilden lassen.

Somit lag der Fokus bei der Wahl der Bäume, welche innerhalb der Simulation entnommen oder erhalten wurden, insbesondere auf dem Inhalt der Strategien. Die Orientierung an den Strategien führte dazu, dass kein größerer Betrag an Geld in der Simulation erwirtschaftet werden konnte und der ökonomische Wert der Fläche somit weiterhin hoch war. Der Erhalt eines hohen ökologischen Wertes hingegen stand in Zusammenhang mit den Strategien im Vordergrund. Allgemein konnte festgestellt werden, dass die meisten Strategien des Managementplans in der Simulation leicht übertragbar sind. Auch in Bezug darauf, dass sich die Strategien aufgrund der verschiedenen Lebensraumtypen unterscheiden, war die Anwendung unkompliziert. Bei den flächenspezifischen Einzelmaßnahmen beider Lebensraumtypen konnten in der Simulation beispielsweise problemlos Bäume ausgewählt werden, die sich als Biotop- und/oder Altbäume eignen.

Die dafür ausgewählten Bäume wurden als speziell erhaltene Bäume gekennzeichnet. Auch der aktive Erhalt des Anteils lebensraumtypischer Hauptbaumarten durch die Förderung bestehender Exemplare ließ sich in der Simulation übertragen. Bedränger der Hauptbaumarten konnten in diesem Zusammenhang entfernt werden. Je nach vorherrschendem Lebensraumtyp wurden die dazugehörigen Hauptbaumarten berücksichtigt. Allerdings gehört zum aktiven Erhalt des Anteils der lebensraumtypischen Hauptbaumarten auch die künstliche Einbringung von beispielsweise *Q. robur* mittels Eichelsaat im Lebensraumtyp 9160. Neupflanzungen können jedoch nicht direkt bei der Simulation berücksichtigt werden, da das Heranwachsen beziehungsweise die Entwicklung von Bäumen nicht darstellbar ist. Somit konnte die Strategie des Managementplans nicht in dieser Art und Weise umgesetzt werden. Dennoch bestand die Möglichkeit, Bäume an Standorten zu entnehmen, wo eine Naturverjüngung der präferierten Art bereits sichtbar war oder wo zukünftig etwas angepflanzt werden sollte. Dadurch konnte die Strategie mit dieser Herangehensweise doch in gewissem Maße realisiert werden. Weitere allgemeine Behandlungsgrundsätze, wie die Erhaltung und Förderung lebensraumtypischer und einheimischer Arten sowie das Belassen von Horst- und Höhlenbäumen, konnten problemlos umgesetzt werden, indem beispielsweise Bedränger der lebensraumtypischen Arten als „entnommen“ gekennzeichnet wurden und Horst- und Höhlenbäume speziell erhalten wurden. Darüber hinaus war es auch möglich, fremdländische Arten im Sinne des Managementplans zu entfernen. Es gibt jedoch auch Strategien, worauf das Marteloskop keinen Einfluss nehmen kann. Dabei handelt es sich vor allem um die Vermeidung menschlicher Eingriffe, wie beispielsweise das Befahren des Waldgebiets und die Ablagerung von organischem Material. Andererseits wurde auch die gezielte Einwirkung des Menschen bezüglich der Anpassung der Jagdstrategien auf hohe Wilddichten und die Stabilisierung des Wasserhaushaltes beschlossen. Bei diesen und noch weiteren Strategien, die zu den gebietsbezogenen, für das Schutzgut erforderlichen Maßnahmen, allgemeinen Behandlungsgrundsätzen und Behandlungsempfehlungen zählen, ist die Umsetzung mit Hilfe eines Marteloskopes nicht möglich.

Im zweiten Teil der Untersuchung sollte überprüft werden, ob Strategien im Managementplan ergänzt werden können und ob auch diese sich abbilden lassen. Im Managementplan ist die Maßnahme der aktiven Beseitigung lebensraumtyp-fremder Baumarten, wie *P. serotina* beschrieben, da ein zu hohes Vorkommen dieser Art zum Verlust des Lebensraumtyp-Status führen kann. Bei der Simulation fiel jedoch auf, dass einige Bäume der Art Habitate trugen. Allgemein war der Habitatwert der gesamten Anzahl von *P. serotina* hoch. Aufgrund des Vorkommens von Habitaten wurden daher nicht alle Bäume dieser Art entfernt. Dennoch wurde ein Großteil entnommen, um den Lebensraumtyp-Status zu erhalten. Als weitere invasive Art wurde *R. pseudoacacia* auf der Untersuchungsfläche erfasst. Da es sich jedoch nur um drei Bäume dieser Art handelte und keine Verjüngung sichtbar war, wurden die Bäume in der Simulation zugunsten der Artenvielfalt erhalten.

Dennoch sollte die Verbreitung invasiver Arten unter Beobachtung stehen und diese gegebenenfalls entfernt werden, damit sich der Erhaltungszustand nicht verschlechtert. Diese zwei Maßnahmen fielen bei der Durchführung der Simulation auf, da sie einen positiven Einfluss auf die Fläche haben könnten. Sie ließen sich mit Hilfe des Marteloskopes umsetzen. Verallgemeinert kann man feststellen, dass sich der Erhalt von Arten, die nicht im Managementplan aufgeführt sind, positiv auf den Habitatwert und die Artenvielfalt auf der Fläche auswirken kann. Jedoch sollte bei der Baumauswahl immer eine Abwägung zwischen Schaden und Nutzen für das FFH-Gebiet getroffen werden.

Weitere Strategien konnten nicht ermittelt werden, da der Managementplan bereits sehr ausführlich erarbeitet wurde und viele Strategien darin beschrieben sind. Darüber hinaus ist die Anwendung des Marteloskopes limitiert, da wie schon bereits erwähnt, beispielsweise keine Pflanzungen möglich sind.

Allgemein besteht das Problem, dass die Anlage eines Marteloskopes lediglich eine Momentaufnahme darstellt. Bei der Datenaufnahme werden alle Parameter in einem bestimmten Zustand erfasst, der sich jedoch stetig ändert. Durch die Veränderung der Höhe und des BHD im Laufe der Zeit, setzt sich ein neuer ökonomischer Wert des Baumes zusammen. Dabei spielen außerdem Holzpreislisten, welche nachträglich nicht ohne weiteres aktualisiert werden können, eine Rolle.

Bereits durch O'Brien et al. (2022) wird festgestellt, dass eine unregelmäßige Aktualisierung der Daten stattfindet. Auch in Bezug auf den ökologischen Wert eines Baumes können Veränderungen auftreten. Die vom Baum getragenen Mikrohabitate haben nach Bütler et al. (2020b) eine unterschiedliche Entstehungsdauer. Beispielsweise entsteht eine Blitzrinne innerhalb kürzester Zeit, wohingegen die Herausbildung einer großen Mulmhöhle eine Dauer von mehreren Jahrzehnten beanspruchen kann. Somit unterliegt die Fläche, auf der das Marteloskop errichtet wurde, einem stetigen Wandel. Je länger das Marteloskop besteht, desto realitätsferner sind die erfassten Parameter, was ein Problem in Zukunft darstellen könnte. Auch Soucy et al. (2016) stellen fest, dass eine häufige Aktualisierung der Daten notwendig ist, da sich die Merkmale eines Bestandes im Laufe der Zeit verändern. In Anbetracht dessen, dass es sich jedoch lediglich um eine waldbauliche Übung handelt und keine reale Entnahme stattfindet, ist es trotzdem möglich eine realistische Simulation durchzuführen. Dabei sollte dann insbesondere auf die auf dem Tablet angegebenen Parameter geachtet werden. In Betracht zu ziehen wäre die Möglichkeit ein System zu entwickeln, welches eine unkomplizierte Aktualisierung der Parameter erlaubt. Falls die Aktualisierung der Höhen oder Baumqualitäten zu aufwändig wäre, könnten Habitate einfach nachgetragen werden. Jedoch würde daraufhin nur der Habitatwert des Baumes steigen, ohne dass der aktuelle ökonomische Wert gegenübergestellt werden könnte. In O'Brien et al. (2022) wird vorgeschlagen, dass eine Neubestandsaufnahme der Marteloscope alle fünf Jahre durchgeführt werden sollte. Jedoch erwähnt er auch, dass eine Umsetzung dieses Vorschlags unter Umständen an einigen Standorten nicht praktikabel oder machbar sein könnte.

Nichtsdestotrotz stellen Marteloscope nach ihrer Einrichtung ein praktikables Trainingstool dar, um diverse Interessengruppen in ihrem Baumauswahlverfahren zu schulen. Die Studie von Cosyns et al. (2020) zeigt, dass Naturschützer und Förster in einer Simulations-Übung zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, da sie die Opportunitätskosten des Erhalts von Bäumen verschieden bewerten. Marteloscope bieten in dieser Hinsicht ein großes Potenzial, um Forstwirtschaft und Naturschutz miteinander zu vereinen (Cosyns et al. 2016).

Kritisch ist hingegen die Anlage eines Marteloskopes in einem FFH-Gebiet innerhalb eines Lebensraumtypen zu betrachten. Dem Lebensraumtyp ist ein bestimmter Erhaltungszustand zugewiesen, welcher einem Verschlechterungsverbot sowie Verbesserungsgebot unterliegt. Durch die Inanspruchnahme von 1 ha Fläche zur Anlage eines Marteloskopes wird die Fläche gleichzeitig aus der Bewirtschaftung herausgenommen. Dadurch können mit Hilfe der Simulation zwar Eingriffe und deren Folgen diskutiert werden, jedoch ändert sich der tatsächliche Zustand dieser Fläche nicht. Solange das Marteloskop in Gebrauch ist, unterliegt die Fläche somit lediglich einem natürlichen Wandel. Bei der Durchführung von Simulationen soll man in seinem Handeln geschult werden, um beispielsweise den Fokus des Erkennens von ökonomisch wertvollen Bäumen auf das Schützen von Baummikrohabitaten zu verändern (Krumm et al. 2019). Daher wäre es möglich, die Erkenntnisse, welche durch die Simulation entstehen, zumindest auf den angrenzenden Flächen des FFH-Gebiets anzuwenden.

4.2 Habitate

Im Rahmen unserer Untersuchungen haben wir jeden Baum in der Marteloskop-Fläche hinsichtlich des Vorhandenseins von Baummikrohabitaten begutachtet. Dabei haben wir festgestellt, dass von den 521 Bäumen auf der Fläche genau 194 mindestens ein Mikrohabitat vorzuweisen hatten, was einem Anteil von 37 % entspricht. In Bezug darauf wurde deutlich, dass das Vorkommen von Habitaten von einigen Faktoren abhängig ist. Wir haben festgestellt, dass unter anderem der BHD eine wichtige Rolle dabei spielt. Desto größer der Durchmesser eines Baumes ist, je wahrscheinlicher ist das Vorhandensein von Baummikrohabitaten. Gemäß Brändli et al. (2021) steigt die Anzahl an Habitaten pro Baum mit wachsendem BHD und somit auch mit dem Älterwerden des Baumes. Aus diesem Grund sollte man für den Vergleich von Daten über Habitatbäume auch immer die Kluppschwelle der jeweiligen Untersuchung beachten. Wir haben jeden Baum ab 7 cm Durchmesser erfasst, wobei deutlich wird, dass die kleineren Bäume deutlich weniger Habitat-Typen besitzen. Nach Brändli et al. (2021) haben 41 % der Bäume mit einer Kluppschwelle von 7,5 cm Baummikrohabitate. Dieses Ergebnis untermauert unseren Wert mit 37 % Anteil an Habitatbäumen bei einer Kluppschwelle von 7 cm.

Außerdem haben wir untersucht, was die Baumart bezüglich des Vorhandenseins von Habitaten für eine Rolle spielt. Hierbei wurde festgestellt, dass verschiedene Baumarten unterschiedlich viele Baummikrohabitate aufweisen können. Generell wird gesagt, dass Laubbäume ein höheres Vorkommen von Habitaten haben als Nadelbäume (Asbeck et al. 2021). Auf unserer Untersuchungsfläche sind die einzigen Nadelbaumarten *P. sylvestris* und *P. abies* mit insgesamt 47 Stück, was 9 % der Gehölze auf der Fläche entspricht. Somit können wir der Tatsache zwar zustimmen, jedoch sind unsere Werte dafür nicht signifikant, da man aufgrund der niedrigen Anzahl der Nadelhölzer diese nicht direkt mit den Laubhölzern vergleichen kann. Arten mit weichem Holz bilden schneller Habitate, da sie aufgrund ihrer geringen Holzdichte anfälliger für mechanische Schäden und Pilze sind (Przepióra & Ciach 2022). Auf unserer Fläche sind die beiden Weichholzarten *T. cordata* und *B. pendula* vorhanden. In Bezug auf *B. pendula* können wir die Aussage unterstützen, da 83 % der Exemplare dieser Art Baummikrohabitate aufwiesen. Von *T. cordata* konnten wir an 31 % der Bäume entsprechende Habitate finden. Hierbei trifft die Aussage in unserem Fall also nicht direkt zu, da einige unserer Hartholz-Arten wie zum Beispiel *F. excelsior*, *U. laevis* oder *Q. robur* mehr Habitate aufweisen. Allerdings sind in unserem Untersuchungsgebiet von gewissen Arten nur sehr wenige Exemplare auf der Fläche vertreten, weshalb unsere Ergebnisse bei diesen Arten nicht signifikant sind.

Jede Baumart weist unterschiedliche spezifische Habitat-Typen auf, was bedeutet, dass die Diversität von Baummikrohabitaten in gemischten Beständen am höchsten ist (Larrieu & Cabannettes 2012). In unserem Bestand findet man 17 verschiedene Baumarten an denen ebenfalls 17 andersartige Habitat-Typen vorzufinden sind. Allerdings sind davon viele Habitate an mehreren Arten vertreten. Dieser vielfältige Bestand begünstigt somit die Entstehung von einer Fülle an Habitat-Typen, was den Wald ökologisch aufwertet. Den höchsten Anteil an Habitatbäumen haben die Arten *A. glutinosa*, *R. pseudoacacia*, *P. avium*, *C. mas* und *P. pyraeaster*, wobei jeder Baum dieser Arten mindestens ein Habitat trägt. Allerdings sind von diesen Arten nur zwischen 1-4 Exemplare vertreten, was die Aussagekraft der Ergebnisse verringert. Dennoch ist der Anteil an Habitatbäumen je nach Art sehr verschieden, weshalb wir den Zusammenhang von Baumart und Vorhandensein von Habitaten bestätigen können.

Weitere bestimmende Faktoren für das Vorhandensein von Baummikrohabitaten sind neben dem Durchmesser und der Baumart noch der Lebenszustand und der Einfluss der Waldbewirtschaftung (Asbeck et al. 2021). Häufig weisen abgestorbene Bäume mehr Habitate auf als lebende (Brändli et al. 2021). Das Totholz ist somit ein ökologischer Aspekt mit herausragender Bedeutung, weshalb wir dieses gesondert betrachtet haben. Des Öfteren werden vermehrt Bäume mit Habitaten bei der Durchforstung entfernt, da sie Schäden aufweisen und man vorzugsweise Bäume mit besserer Holzqualität für einen hohen Ertrag fördern will. Unsere Versuchsfläche befindet sich in einem FFH-Gebiet, weshalb der Handlungsspielraum für Eingriffe generell begrenzt ist, was wiederum die Entstehung von Habitaten begünstigt.

Weiterhin haben wir beleuchtet, ob ein Zusammenhang zwischen der Höhe und den Habitaten besteht. Wir sind zu dem Ergebnis gekommen, dass dem nicht so ist, da sowohl sehr kleine als auch ausgesprochen hohe Bäume Habitate haben können oder auch nicht. Teilweise sind niedrige Bäume entstanden, weil im Verlauf der Zeit die Krone abgebrochen ist. In diesem Fall war ein gewisser Durchmesser vorhanden, was die Bildung von bestimmten Baummikrohabitaten erklärt. Andersherum waren sehr hohe Bäume auch mal dünn, was wiederum das Entstehen von einigen Habitat-Typen erschwert.

Baummikrohabitate haben wichtige Funktionen in einem komplexen Netzwerk von Lebensräumen und tragen zum Erhalt der Artenvielfalt bei (Bütler 2022). Zu derzeitigem Wissensstand sind Langzeitdaten über biodiversitätsrelevante Strukturen im Wald nicht in großen Mengen verfügbar. Daher ist eine Basis zum Vergleichen von Daten erforderlich, und somit ein standardisiertes Monitoring nötig (Großmann & Carlson 2021). Es ist von großer Wichtigkeit ein angepasstes Management im Wald zu betreiben, bei dem möglichst viele Habitate gefördert werden. Dies kann erreicht werden, wenn man die Baumarten, BHD, Durchforstungsintensität und die Wahl von Bäumen, die aus dem Bestand entnommen werden, beachtet. Habitatbäume oder auch Gruppen dieser Bäume im Wirtschaftswald können als kleinflächiger Prozessschutz betrachtet werden, welcher einen Beitrag für den Natur- und Artenschutz leistet (Großmann & Carlson 2021).

Im folgenden Abschnitt wird das Vorkommen verschiedener Baummikrohabitat-Typen auf unserer Fläche diskutiert. Dabei werden die Entstehungsgeschwindigkeiten und Häufigkeiten nach dem „Taschenführer der Baummikrohabitate“ von Bütler et al. (2020b) verwendet.

Aus der Kategorie der Höhlen haben wir am häufigsten Stamm- und Mulmhöhlen gefunden. Diese entstehen nur langsam und sind deshalb eher seltener in Wirtschaftswäldern zu finden, da die Bäume ein gewisses Alter erreichen müssen, um so ein Habitat beherbergen zu können. Das häufige Vorkommen auf unserer Fläche spricht dafür, dass der Wald naturnah bewirtschaftet wird und viele alte Bäume vorhanden sind. Spechthöhlen entstehen zwar sehr schnell, sind aber dennoch ein seltenes Habitat. Wir konnten einige Spechthöhlen finden, was auf die Anwesenheit von Spechten in unserem Marteloskop schließen lässt. Diese sind in großem Maße an der Förderung der Artenvielfalt beteiligt, da die von ihnen gebauten Höhlen von vielen Artengruppen genutzt werden (Bütler et al. 2020a). Einige Habitate stellen sogenannte Schlüsselstrukturen im Wald dar, da sie das Vorkommen und die Vielfalt anderer Arten begünstigen, wie ebendiese Spechthöhlen, deshalb haben sie eine größere Bedeutung für die Biodiversität und somit einen höheren Wert (Bollmann et al. 2019). Hingegen zählten Spechthöhlen in den Untersuchungen von Brändli et al. (2021) im Schweizer Wald als eher selten. Eines der häufigsten Habitate auf unserer Fläche war das freiliegende Splintholz, was nicht verwunderlich ist, da es schnell entstehen kann und allgemein nicht selten ist. Trotz ihres generell häufigen Vorkommens im Naturwald, haben wir nur wenige Rindentaschen gefunden.

Der Grund dafür ist vermutlich unsere gesonderte Betrachtung von toten Bäumen, da die Rinde sich an diesen vermehrt ablöst ganz im Gegensatz zu lebenden Bäumen. Wir konnten viele Totäste/Kronentotholz vermerken, was nicht verwunderlich ist, da dieser Habitat-Typ trotz seiner eher langsamen Entstehung generell häufig im Wald vorzufinden ist. Diese Ergebnisse können mit denen von Brändli et al. (2021) bestätigt werden. Hexenbesen und Wasserreiser gehören zu den Habitaten, die wir sehr oft gefunden haben, obwohl sie allgemein ziemlich selten vorkommen. Am häufigsten haben wir Baummikrohabitate der Kategorie „Epiphytische Krypto- und Phanerogame“ entdecken können. Zu dieser Gruppe zählen unter anderem Moose, Flechten oder auch Misteln. Moose sind allgemein sehr häufig in Wäldern anzutreffen und entstehen auch ziemlich schnell, was ihr gehäuftes Vorkommen auf unserer Fläche bestätigt. Brändli et al. (2021) konnten Moose ebenfalls unter den am häufigsten vorgefundenen Habitaten vermerken, wobei sie zudem auch Flechten oft entdecken konnten, im Gegensatz zu unserer Aufnahme. Auffallend war, dass ein Großteil der Kiefern in unserem Bestand Misteln in ihren Kronen hatten, was aufgrund ihrer schnellen Entwicklung nicht verwunderlich ist. Pilze konnten wir an den lebenden, stehenden Gehölzen nicht vermerken, was durch die Aussage von Brändli et al. (2021) unterstrichen wird, da diese sich eher an toten Individuen bilden. Nester von Wirbeltieren sind in Wäldern häufig anzutreffen und entstehen auch sehr rasch, jedoch gehören sie in unserer Aufnahme zu den selteneren Habitaten. Dies lässt vermuten, dass wir eventuell einige Nester hoch oben in den Kronen nicht sehen konnten. Nester von Wirbellosen hingegen sind prinzipiell wenig vertreten und benötigen zudem viel Zeit in ihrer Entstehung, was erklärt, warum wir dieses Habitat nicht vorgefunden haben. Dieselben Bedingungen gelten für die Mikroböden, welche ebenfalls nicht auf unserer Fläche anzutreffen waren.

In den Untersuchungen von Brändli et al. (2021) wurde ein Schweizer Buchenwald mit einem Buchenurwald in der Ukraine verglichen. Dabei waren in der Schweiz 211 Habitatbäume pro Hektar zu finden und in der Ukraine 217 Habitatbäume pro Hektar. In Bezug zu diesen Werten lässt sich das Marteloskop „Am Paradies“ mit 297 Habitatbäumen pro Hektar oberhalb der beiden Vergleichsflächen einordnen. Jedoch muss man anmerken, dass in der Schweiz nur 353 Gehölze und in der Ukraine 267 Gehölze auf der jeweiligen Versuchsfläche vertreten waren, wobei in unserem Marteloskop eine Stammzahl von 521 gezählt wurde. In der Schweiz konnten also ca. 60 % der Gehölze Baummikrohabitate aufweisen und in der Ukraine sogar ca. 80 %. Unsere Versuchsfläche liegt mit ca. 57 % unter diesen Werten, nähert sich jedoch denen der schweizer Fläche an. Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass die Kluppschwelle der Aufnahme von Brändli et al. (2021) bei 12 cm lag. Im Marteloskop „Am Paradies“ war die Schwelle mit einem BHD von 7 cm deutlich geringer. Daher kann man davon ausgehen, dass sich die Anzahl an Habitatbäumen mit einer höheren Kluppschwelle verringern würde, da viele dünne Bäume mit Habitaten ausscheiden müssten.

In der Schweiz wurden drei Marteloskope mit dem Fokus auf Habitatbäume angelegt und in den Untersuchungen von Krumm et al. (2019) verglichen. Dabei wiesen die drei Flächen Stammzahlen von 326, 282 und 395 Bäumen pro Hektar auf. Das im Rahmen dieser Arbeit angelegte Marteloskop liegt mit 521 Gehölzen weit über den Werten. Das lässt sich damit erklären, dass besonders viele junge *P. serotina* und *A. pseudoplatanus* mit einer hohen Stammzahl auf der Fläche vertreten sind. Der Habitatwert der Marteloskope in der Schweiz beläuft sich auf 4662, 9383 und 5271 Punkte pro Hektar. Auf unserer Untersuchungsfläche konnten dahingegen weniger Punkte verzeichnet werden, was zu einem Gesamtwert von 3695 Habitat-Punkten führte. Das Marteloskop „Am Paradies“ hat somit einen vergleichsweise kleinen ökologischen Wert. Aufgrund einer hohen Anzahl an dünnen und jungen Bäumen ist die Stammzahl unserer Fläche zwar sehr hoch, jedoch haben dickere Bäume, welche auf unserer Fläche eher weniger sind, ein größeres Potenzial Baummikrohabitate zu beherbergen.

Das Ziel der Marteloskope der Schweiz lag auf dem Fokus der Habitatbäume, was die hohen ökologischen Werte erklärt. Unsere Untersuchungsfläche wurde jedoch nicht danach ausgewählt, sondern mit dem Ziel ein Marteloskop in einem FFH-Gebiet zu errichten. Aus diesem Grund wurde nicht vorher explizit nach einer Fläche mit einem hohen Vorkommen an Habitatbäumen gesucht, sondern erst bei unserer Datenaufnahme hat sich das Vorhandensein von Baummikrohabitaten ergeben. Dennoch zeigt der Vergleich mit den anderen Marteloskopen, dass unser ökologischer Wert nicht gravierend gering ist, weshalb man von einem naturschutzfachlich wertvollen Inventar auf unserer Fläche ausgehen kann.

Abschließend kann man sagen, dass eine große Vielfalt an Habitaten auf unserer Fläche vertreten war. Einige davon sind generell häufig, wohingegen andere eher selten sind, was für eine hohe Diversität an Lebensräumen und den damit verbundenen Arten spricht. Unsere Marteloskop-Fläche trägt durch ihre ganz verschiedenen Arten und Baummikrohabitate zur Förderung der Biodiversität und dem Erhalt der Artenvielfalt in dem Waldgebiet bei.

Durch die Anlage des Marteloskopes als Übungsinstrument in diesem Forstbestand können Förster und andere Exkursionsteilnehmer für Baummikrohabitate sensibilisiert werden.

4.3 Totholz

Die Aufnahme des Totholzes wurde getrennt zur Aufnahme der Daten für das Marteloskop durchgeführt. Grund dafür waren Defizite im Umgang mit dem Totholz innerhalb der Simulation und während der Inventarisierung der Bäume. Bei der Datenaufnahme war zunächst festzustellen, dass stehende Bäume lediglich einen Status von tot oder lebendig erhalten konnten. Es war somit nicht eindeutig, wie im weiteren Verlauf mit dem liegenden Totholz umgegangen wird. Bereits in O'Brien et al. (2022) wird die fehlende Datengrundlage von liegendem Totholz kritisiert. Da in der Kartieranleitung „Lebensraumtypen Sachsen-Anhalt, Teil Wald“ vom LAU Sachsen-Anhalt (2014) das Totholz jedoch speziell in stehendes und liegendes Totholz unterschieden werden muss, fand die Aufnahme separat statt. Allgemein wäre es allerdings sinnvoll gewesen das Totholz in der Simulation aufzunehmen, da es von diversen Lebewesen auf vielfältige Weise genutzt wird. Beispielsweise treten an Totholz unter anderem Insektenbohrlöcher, Höhlen oder Pilze auf und stellen so wertvolle Habitate dar (Bütler & Schlaepfer 2004). Somit hätte sich der Habitatwert der Fläche erhöht. Zusätzlich könnte im Rahmen von Schulungen ein Bewusstsein in Bezug auf die Bedeutung von Totholz geschaffen werden. Während der Durchführung der Simulation fiel auf, dass die zuvor erfassten Bäume schließlich doch als stehendes, liegendes oder als Kronentotholz markiert werden konnten. Das Problem hierbei war, dass nach der Markierung eines Baumes als Totholz dieser gleichzeitig aus dem Bestand ausgeschieden ist. Da das Totholz ohnehin separat erfasst wurde, lagen keine Bäume für solch eine Markierung vor. Zukunftsorientiert könnte diese Funktion für Bäume genutzt werden, welche aufgrund eines Sturmes oder anderer Ursachen innerhalb des Marteloskopes umstürzen oder stehend absterben. Fragwürdig ist es dennoch, warum diese direkt als entnommene Bäume gelten. Einerseits ist es verständlich das Totholz aus dem Bestand zu entfernen, da es Gefahren für die Teilnehmer der waldbaulichen Übung bergen kann (Wettmann & Hartmann 2009). Außerdem steigt mit dem Totholz auch die Gefahr der Schädlinge, wie beispielsweise im Totholzmanagement in Buchenwäldern (Petercord 2006) beschrieben wird. Andererseits stellt Totholz eine Schlüsselkomponente der Waldbiodiversität dar und sollte daher nicht vollständig entfernt werden (Schiegg Pasinelli & Suter 2000).

Bei „Integrate+“ stehen insbesondere Habitatstrukturen im Fokus (Schuck et al. 2015a). Im Totholz sind wie bereits erwähnt wertvolle Habitate zu finden, weshalb es sich widerspricht den Fokus auf Habitate zu legen und sie dann aber durch die Entnahme des Totholzes zu entfernen. Da im Managementplan die Maßnahme des Belassens von einer bestimmten Menge an Totholz beschlossen wurde, doch in der Simulation dies nicht berücksichtigt werden kann, entsteht ein Konflikt. Wenn das Totholz bei der Datenaufnahme für das Marteloskop erfasst werden würde und daraufhin im Bestand hätte angereichert werden sollen, bestände in der Simulation ausschließlich die Möglichkeit, diese Bäume zum Beispiel als Habitatbaum speziell zu erhalten oder sie einfach im Bestand zu belassen. Eine Auswertung des Totholzes durch die Software würde daraufhin jedoch nicht stattfinden. Nur bei einer Markierung als stehendes, liegendes oder Kronentotholz würde das Totholz in der Software separat ausgewertet werden, allerdings führt die Markierung, wie bereits erwähnt, zur Entnahme. In Bezug auf den Konflikt mit dem Totholz, sollte eine Lösung gefunden werden, da bei der Entnahme sonst wertvolle Habitate verloren gehen. Es wäre sinnvoll wählen zu können, ob das Totholz entnommen wird oder im Bestand bleibt. Weiterhin sollte es bei der Aufnahme der Daten die Möglichkeit geben, stehendes sowie liegendes Totholz separat aufzunehmen beziehungsweise eindeutig zu kennzeichnen, welche Möglichkeiten es für eine Totholzaufnahme gibt. In O’Brien et al. (2022) sind viele Anregungen über die derzeitigen Defizite bezüglich des Einsatzes von Marteloscopen und ihrer Datengrundlage beschrieben, welche zukünftig größtenteils überarbeitet werden sollen.

Allgemein konnte bei der Totholzaufnahme festgestellt werden, dass mehr liegendes als stehendes Totholz vorkam. Dabei war der Anteil an liegendem Totholz im Verhältnis zu stehendem doppelt so groß. Bereits Herrmann et al. (2012) haben den Anteil von stehendem und liegendem Totholz in Schweizer Naturwaldreservaten untersucht und kamen dabei zu einem ähnlichen Ergebnis. Liegendes Totholz entsteht, wenn abgestorbene Äste oder die Krone abbrechen bis hin zum Umstürzen des gesamten Baumes. Dazu kann es unter anderem infolge von Umwelteinflüssen kommen. Dass mehr liegendes als stehendes Totholz vorhanden ist, lässt sich damit logisch erklären. Dennoch ist auch ein Vorkommen an stehendem Totholz essenziell. Denn nach Lorenz (2005) weist stehendes Totholz im Vergleich zu liegendem Totholz einen langsameren Prozess der Zersetzung auf und gilt somit aus ökologischer Perspektive als äußerst wertvoll. Darüber hinaus bietet stehendes Totholz eine Vielzahl von Kleinsthabitatstrukturen.

Weiterhin auffällig war, dass in Quadrant 1 und 4 besonders viel Totholz auftrat. Hierbei handelt es sich um den Lebensraumtyp 91E0, welcher normalerweise durch eine jährliche Überflutung gekennzeichnet ist. Wie in Funkel et al. (2003) beschrieben, wurde im Bereich des Westflämings der Grundwasserspiegel abgesenkt, was dazu führte, dass ein verringerter Abfluss bei Fließgewässern auftrat. Die ursprünglichen Bedingungen für eine Aue waren daraufhin wahrscheinlich nicht mehr vollständig gegeben und werden zunehmend durch den Klimawandel verschlechtert. Des Weiteren wird im Managementplan die Maßnahme der Stabilisierung des Wasserhaushaltes angeordnet, was auf Defizite dieses Lebensraumtypen hinweist. Die höheren Absterbe-Erscheinungen könnten sich möglicherweise dadurch erklären lassen. Unter den abgestorbenen Bäumen befanden sich unter anderem die Arten *Q. robur* und *F. excelsior*, wobei der größte Anteil an Totholz *Q. robur* zuzuordnen war. In Wirth et al. (2021) wird beschrieben, wie der Leipziger Auwald mit den Folgen der Entwässerung und dem zunehmenden Klimawandel zu kämpfen hat. Die notwendigen Überflutungen fehlten seit der Entwässerung, was zu einer veränderten Artenzusammensetzung des Auwalds führte. Baumarten wie *A. pseudoplatanus* finden in einer ausgetrockneten Aue optimale Wachstumsbedingungen vor.

Durch die starke Verjüngung von *A. pseudoplatanus* wird die lichtbedürftige Art *Q. robur* zurückgedrängt und kann sich nicht mehr verjüngen. Zusätzlich führt der Trockenstress zum Absterben der Auwaldarten (Wirth et al. 2021). Auf der Marteloskop-Fläche zeigte sich ein ähnliches Szenario. Der Anteil an *A. pseudoplatanus* war besonders hoch in den unteren Baumschichten. Zudem konnte eine Verjüngung von *Q. robur* nicht festgestellt werden. Rückschlüsse auf Folgen hinsichtlich der Grundwasserabsenkung können daher gezogen werden. Bekräftigt werden kann diese Vermutung auch durch die Ausführungen des Managementplans über den Erhaltungszustand für den Lebensraumtyp 91E0 (LAU Sachsen-Anhalt 2022). Darüber hinaus sind in diesem Lebensraumtyp ohnehin wenig lebensraumtypische Arten, wie *A. glutinosa*, *F. excelsior* oder *U. laevis* existent, was für den Lebensraumtypstatus als ungünstig zu werten ist. Es ist nicht unbedingt nachvollziehbar, dass der Lebensraumtyp 91E0 eine Bewertung von „B“, was als günstig gilt, erteilt bekommen hat. Die Beeinträchtigungen hinsichtlich der Veränderung der Hydrologie, der hohe Deckungsanteil neophytischer Gehölze und das geringe Auftreten charakteristischer Baumarten können in unseren Augen den Lebensraumtypstatus gefährden. Allerdings werden bei einer Lebensraumtyp-Bewertung noch andere Aspekte bewertet, wie beispielsweise Totholz, Habitatbäume, Bodenverdichtung und Verrohrungen. Wenn in Bezug auf all die anderen Kriterien keine oder nur geringe Defizite auftreten, lässt sich die Bewertung von „B“ aufgrund der Aggregation der Kriterien wiederum erklären. Weiterhin macht der auf der Untersuchungsfläche auftretende Lebensraumtyp 91E0 nur einen kleinen Teil des gesamten Lebensraumtypen aus. Es ist daher möglich, dass sich der Zustand des Lebensraumtypen auf der übrigen Fläche des FFH-Gebiets unterscheidet und wahrscheinlich besser ist. Diese Vermutungen lassen sich durch den Managementplan (LAU Sachsen-Anhalt 2022) bestätigen. Bei der Bewertung des Erhaltungszustandes wird vor allem das Arteninventar für die meisten Bestände positiv hervorgehoben und mit „A“ oder „B“ bewertet. Darüber hinaus sind bei einigen Beständen des Lebensraumtypen 91E0 nur mittlere Beeinträchtigungen zu verzeichnen. Hauptsächlich die Strukturen wurden aufgrund ihrer mittleren bis schlechten Ausprägung mit „C“ bewertet. Somit ergab sich durch die Aggregation eine Gesamtwertung von „B“ für diesen Bestand. Dem Lebensraumtyp 9160 hingegen wurde eine Bewertung von „C“ erteilt, was für ungünstig steht. Auch in diesem Lebensraumtyp konnten Defizite hinsichtlich des Arteninventares festgestellt werden. Der Anteil an *C. betulus* und *Q. robur* ist im Bereich der Marteloskop-Fläche eher gering, obwohl es sich bei diesen Arten um Hauptbaumarten handelt. Dagegen ist die Anzahl neophytischer Gehölze wie *P. serotina* besonders hoch. Auch in diesem Bereich der Fläche wird die Entwässerung vermutlich Folgen mit sich gebracht haben. Dennoch sind wir nicht der Meinung, dass dieser Lebensraumtyp differenziert bewertet werden sollte, da er ähnliche Defizite wie der Lebensraumtyp 91E0 aufweist. Darüber hinaus sind im Managementplan vergleichbare Strategien aufgeführt, die dafür sprechen, beide Lebensraumtypen gleichermaßen zu bewerten. Doch auch in diesem Fall ist nur ein kleiner Teil des gesamten Lebensraumtypen untersucht worden, weshalb sich der Zustand im übrigen Teil des FFH-Gebiets unterscheiden könnte. Bei der Bewertung des Erhaltungszustandes im Managementplan (LAU Sachsen-Anhalt 2022) werden vor allem der Zustand des Arteninventars und die vorhandenen Beeinträchtigungen für die Mehrheit der Bestände dieses Lebensraumtypen kritisiert und als „C“ gewertet. Lebensraumtypische Strukturen dagegen treten in einem guten bis hin zu einem schlechten Zustand auf.

Schlussendlich ist es bei beiden Lebensraumtypen erforderlich Maßnahmen zu ergreifen, um den Lebensraumtypstatus langfristig erhalten zu können.

4.4 Konflikt zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft

Ein Ziel dieser Arbeit war es festzustellen, ob sich naturschutzfachliche Aspekte im Rahmen des Schutzes von Habitatbäumen und ökonomische Aspekte im Wirtschaftswald vereinen lassen. Innerhalb unserer Simulation haben wir den Fokus auf den ökologischen Wert der Bäume gelegt. Somit kamen wir zu dem Endergebnis, dass 156 Bäume virtuell entnommen wurden, wobei 4593 € verdient wurden und 153 Habitat-Punkte verloren gingen. Erhalten wurden hingegen 85 Bäume, was dazu führte, dass 16148 € Verlust gemacht wurde und 1810 Habitat-Punkte geschützt wurden. Hierbei wird deutlich, dass der Schutz von Habitatbäumen und somit deren Herausnahme aus der Wirtschaft mit einem Verlust von Geld für den Forstbetrieb einhergeht. Aus diesem Grund entstehen Interessenkonflikte zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz.

Um eben diesen Konflikten Lösungsvorschläge anzubieten, wurden die Marteloscope entwickelt (Kraus et al. 2016c). Die Biodiversität im Wald ist maßgeblich abhängig von den Habitaten und deren Vielfalt an Typen sowie deren natürlicher Dynamik (Bollmann 2011). Jedoch werden innerhalb der Wirtschaftswälder oftmals bedeutsame Habitatbäume gefällt, da deren Baummikrohabitate als Mängel gelten oder sie ein Sicherheitsrisiko für Menschen, die sich im Wald aufhalten, darstellen (Krumm et al. 2019). Ein Ziel von Übungen in einem Marteloskop ist es, die Teilnehmer auf die Integration von naturschutzfachlichen Ansichten zur Förderung der Biodiversität in die herkömmliche Art der Bewirtschaftung zu sensibilisieren (Kraus & Schuck 2016). So kann man innerhalb der Auszeichnungssimulation zwischen verschiedenen Strategien zur Entnahme und zum Erhalt der Bäume wählen. Zugunsten der Biodiversität kann man die Möglichkeit des Erhalts wegen Artenvielfalt, Habitatbaum und Methusalem wählen. Wir haben über 80 % der Gehölze aufgrund der Artenvielfalt und weil sie Habitatbäume waren, erhalten. Im Gegensatz zu unserer Auswahl wird in der Praxis oft nicht zugunsten des ökologischen Wertes entschieden. Besonders aufgrund von Bedrängung eines wirtschaftlich wertvollen Baumes durch einen Habitatbaum oder weil die Baummikrohabitate nicht erkannt werden, kommt es häufig zur Entnahme dieser Bäume (Krumm et al. 2019).

Eine Studie von Consyns et al. (2019) ergab, dass das Erkennen und Kategorisieren von Habitaten je nach Beobachter unterschiedlich sind. Vor diesem Hintergrund kamen die Forscher zu dem Ergebnis, dass ein Fachwissen bezüglich der Baummikrohabitate erforderlich ist und somit Experten nötig sind. Als ein möglicher Grund für die verschiedenen Ergebnisse bezüglich der Auswahl an Habitatbäumen wurde der begrenzte Zeitrahmen ermittelt. Bei einer Durchforstung stehen generell ca. 15 min pro Hektar zur Verfügung, was dazu führt, dass nicht jeder Baum im Detail untersucht werden kann, weshalb oftmals Habitate übersehen werden.

Für unsere Aufnahme der Baummikrohabitate und später die Durchführung der Simulation gab es keine zeitliche Begrenzung, weshalb wir jeden Baum gründlich untersuchen konnten. Dieser zeitliche Aufwand ist jedoch in der forstwirtschaftlichen Praxis nicht umsetzbar, beziehungsweise wäre damit ein sehr hoher Personal- und Kostenaufwand verbunden.

Würde man jeden Baum des Bestandes vor dem Eingriff sowohl ökologisch als auch ökonomisch bewerten, so könnte man die Folgen und Veränderungen abschätzen (Niedermann-Meier et al. 2010). Da dies jedoch für den gesamten Wald zu aufwendig wäre, wird auf die Marteloscope zu Schulungszwecken zurückgegriffen. Diese Übungsflächen bieten eine vielversprechende Forschungsplattform für das Baumauswahlverhalten der Teilnehmer (Soucy et al. 2016). Einige der angelegten Marteloscope haben ihren Schwerpunkt auf Baummikrohabitate gelegt, ähnlich wie das im Rahmen dieser Arbeit angelegte Marteloskop „Am Paradies“ mit dem Fokus auf naturschutzfachliche Aspekte.

In der Schweiz gibt es, wie bereits oben erwähnt drei Marteloskope, die kaum bewirtschaftet werden und daher ein großes Inventar an Baummikrohabitaten aufweisen (Krumm et al. 2019). Ebenso wie bei unserer Versuchsfläche entspricht dies eigentlich nicht der Idee des „Integrate+“ Projekts, jedoch ist es förderlich um das Bewusstsein für die Bedeutung von Habitaten als Lebensraum für diverse Arten zu stärken. Sobald dieses Bewusstsein bei den entsprechenden Zielpersonen vorhanden ist, kann man davon ausgehen, dass eine wichtige Grundlage zur Unterstützung der Waldbiodiversität geschaffen ist (Krumm et al. 2019). Ein großer Erfolg des „Integrate+“ Projekts beruht auf der Kommunikation von verschiedenen Interessengruppen wie Förstern, Naturschützern und Bürgern bezüglich des Zusammenbringens von Naturschutz und Waldbewirtschaftung nicht nur auf lokaler Ebene, sondern auch durch europaweite Kooperation und Austausch von Wissen (Kraus et al. 2016c). Das Netzwerk der Marteloskope ermöglicht einen Vergleich der Daten und fördert die Weiterbildung der Beteiligten. Perspektivisch kann man davon ausgehen, dass im Laufe der Zeit weiterhin Marteloskope angelegt und zu Informationszwecken, zur Aufklärung von Waldnutzern und als Lehrinstrument genutzt werden (Soucy et al. 2016).

In unserem Marteloskop gibt es einige Bäume, die sowohl ökologisch sehr wertvoll sind als auch einen hohen Gewinn bei der Ernte erbringen würden. Bei diesen Exemplaren handelt es sich um sogenannte „Konfliktbäume“, da sie in beiden Aspekten gewinnbringend sind. Auffällig ist, dass es sich dabei vermehrt um die Baumart *Q. robur* handelt, was Niedermann-Meier et al. (2016) ebenfalls festgestellt haben. Diese Konfliktbäume sind für die Entscheidungsfindung bei waldbaulichen Eingriffen von großer Bedeutung. Hierbei erfolgt eine direkte Gegenüberstellung von ökologischem und ökonomischen Wert, weshalb zwischen Nutzen und Erhalt abgewogen werden muss (Kraus & Schuck 2016). Dieser Sachverhalt ist wichtig, damit geübt werden kann, welche Bäume entnommen werden können, ohne den Habitatwert auf der Fläche großartig zu verringern (Krumm et al. 2019).

Mittels der Software „I+“ wurde nach unserer Simulation eine Übersicht für die Konfliktbäume auf unserer Fläche erstellt. Die Graphik zeigt, wo sich die Bäume mit dem meisten Konfliktpotential befinden, und man kann sehen, um wie viele es sich handelt. Allerdings haben wir festgestellt, dass man der Übersicht nicht entnehmen kann, welche Bäume genau betroffen sind und man somit nicht weiß, wie hoch die exakten Werte sind. Man muss die Abbildung mit der Stammfußkarte auf dem Tablet vergleichen und die entsprechenden Bäume raussuchen. Es wäre wünschenswert, dass man direkt während der Simulations-Übung angezeigt bekommt, wenn es sich um einen Konfliktbaum handelt, sodass man vor Ort überlegen kann, wie man damit umgeht.

Um den Interessenskonflikt zu lösen, gibt es mehrere Vorschläge. Am naheliegendsten ist die Methode, Habitatbäume zu erhalten, welche keinen hohen wirtschaftlichen Wert besitzen. Einige Habitate gelten in der Forstwirtschaft als „Fehler“, was die ökonomische Qualität eines Baumes verringert (Cosyns et al. 2019). Allerdings wird von einem Mangel an ökologisch wertvollen aber ökonomisch wertlosen Bäumen gesprochen, welcher nur durch ein frühzeitiges Erkennen und gezieltes Erhalten dieser Bäume behoben werden kann, was wiederum eine Schulung des Forstpersonals erfordert (Niedermann-Meier et al. 2010). In Wäldern mit großem Artenreichtum besteht die Pflege nicht nur aus dem Erhalt von derzeitigen Baummikrohabitaten, sondern auch aus der Entwicklung zukünftiger Strukturen, weshalb diese nicht zu früh entnommen werden dürfen (Kraus & Schuck 2016). Wir haben festgestellt, dass in unserem Untersuchungsgebiet einige Bäume vorhanden sind, bei denen es möglich ist, eindeutige Entscheidungen bezüglich des Erhalts oder der Entnahme zu treffen. Teilweise sind die Baummikrohabitats an ökonomisch wertvollen Bäumen nicht besonders selten oder bedeutsam, weshalb diese Bäume guten Gewissens zur Holzproduktion genutzt werden können.

Bei anderen Bäumen hingegen überwiegt der ökologische Wert stark, weshalb diese Bäume unbedingt geschützt werden sollten, um einen Beitrag zur Artenvielfalt zu leisten. Man sollte bei der Abwägung zwischen Erhalt und Nutzung schauen, um welche Habitat-Typen es sich handelt, da einige Typen einen höheren Wert besitzen als andere. Beispielsweise ist ein epiphytischer Moosbewuchs mit 4 Punkten weniger wertvoll als eine Mistel mit 27 Punkten, weshalb in diesem Fall eher der Baum mit der Mistel erhalten werden sollte. Da der Wald aber eines stetigen Wandels unterliegt, können sich diese Parameter im Laufe der Zeit ändern und es sollte vor jedem Eingriff erneut abgewogen werden.

Um den Naturschutz und die Forstwirtschaft in den Wäldern zu vereinen und somit die Biodiversität zu fördern, gibt es verschiedene Lösungsansätze. Man könnte eine bestimmte Anzahl an Habitatbäumen pro Hektar unter Schutz stellen, wobei diese Anzahl in der Literatur mit 3-5 (Krumm et al. 2019), 5 (Niedermann-Meier et al. 2010), 10 (Pukall 2016) und 2-10 (Cosyns et al. 2019) schwankt. Nach Niedermann-Meier et al. (2010) sollten die auserwählten Habitatbäume einen gewissen ökologischen Mindestwert aufweisen und als zusätzliche Maßnahme zu Waldreservaten und Altholzinseln ausgewiesen werden. Laut Krumm et al. (2019) sollten Altholzinseln darüber hinaus mindestens 2 % der Waldfläche ausmachen.

Neben den 10 Habitatbäumen pro Hektar sollen noch 200 kleine Trittsteinflächen aus der Nutzung herausgenommen werden (Pukall 2016). Diese Anforderungen führen jedoch zu hohen finanziellen Verlusten für die Forstbetriebe, weshalb es hier eine Unterstützung für die Förster geben muss. In einem Forstbetrieb im Saarland zum Beispiel gelten geschützte, ebenso wie geerntete Bäume als Leistungsnachweis, welcher in der Öffentlichkeit und Politik dargestellt wird. In einer Stadt in Bayern wurden Habitatbäume und Prozessschutzflächen im Stadtwald geschützt, wobei das Ökokonto der Stadt aufgefüllt wurde. Dies lässt sich später als Ausgleich für Eingriffe im Zuge der Stadtentwicklung anrechnen. Ein Problem bei der kommerziellen Förderung von Habitatbäumen ist, dass zu viele Menschen mit einem Anspruch auf Geld kommen könnten, und somit die Kapazität der Fördermittel schnell ausgeschöpft werden würde (Pukall 2016).

Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der biologischen Vielfalt ist die Kombination von Naturschutzinstrumenten, die sich räumlich und zeitlich ergänzen. Dabei ist gemeint, dass ergänzend zu Waldreservaten und Gebietsschutz noch Altholzinseln, Waldränder, Biotopbäume und spezifische Artenförderungsmaßnahmen zum Einsatz kommen sollten (Bollmann 2011).

Ein aktueller Aspekt ist außerdem der Klimawandel, weshalb waldbauliche Strategien angepasst werden müssen. Um die Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen und Anpassungsfähigkeit bezüglich des Klimawandels zu erhöhen, gibt es verschiedene Handlungsprinzipien. Dazu zählen die Erhöhung der Baumartenvielfalt, Strukturvielfalt, genetischen Vielfalt, Stabilität des Einzelbaumes und die Reduktion der Umtriebszeiten. Diese Prinzipien müssen situationsbezogen und angepasst an die Standortbedingungen angewendet werden (Leuch et al. 2017). Wenn diese Strategien Anwendung finden, kommt dies gleichzeitig auch der Förderung von Baummikrohabitaten zugute, was wiederum die Biodiversität im Wirtschaftswald steigert.

Abschließend kann man sagen, dass es an einigen Stellen Interessenkonflikte zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft gibt. Man kann jedoch Kompromisse und Lösungen finden, um diese Probleme zu beheben. Ein Marteloskop ist dabei ein wichtiges Übungsinstrument, was den Übungsteilnehmern hilft, ihren Blick sowohl auf den ökonomischen als auch auf den dazugehörigen ökologischen Wert zu schärfen. Das Erkennen und Identifizieren der Baummikrohabitats ist dabei eine Schlüsselkomponente für den Erhalt von Habitatbäumen und somit den Schutz der Artenvielfalt.

4.5 Fehlererhebung

Um die Ergebnisse und Ziele dieser Arbeit zu erreichen war es nötig, Aufnahmen im Gelände durchzuführen. Diese Untersuchungen haben einen großen Zeitaufwand mit sich gebracht. Wir waren bei der Einrichtung unserer Marteloskop-Fläche auf viele technische Geräte und andere Hilfsmittel angewiesen. Zunächst haben wir einen Höhenmesser verwendet, wobei wir durch den ungeübten Umgang mit dem Gerät zunächst einige Höhen an der falschen Stelle der Bäume abgelesen haben, was wiederum zu fehlerhaften Ergebnissen führte. Die Höhen mussten neu ermittelt werden, da ein paar Bäume zu hoch waren, was im Endeffekt zu einer sehr großen Summe der Vorratsfestmeter führte, und das Endergebnis verfälschte. Bei der Aufnahme der Baummikrohabitate wurde zwar ein Fernglas verwendet, jedoch sind unentdeckte Habitate nicht auszuschließen. Diese könnten sich hinter Baumstrukturen oder in sehr großer Höhe versteckt haben, was sie für uns unsichtbar gemacht haben könnte. Für das Bestimmen der Koordinaten der Bäume haben wir ein GPS-Gerät und ein Tablet verwendet, wobei der Receiver in etwa 2 m Höhe auf einer Stange gehalten werden musste. Hierbei spielten das Wetter und die Kronendichte eine wichtige Rolle für den Empfang des Gerätes zu den Satelliten. Bei bewölkten Bedingungen oder dichten Baumkronen musste man einige Minuten auf ein Signal warten, was dann jedoch auch ungenau werden konnte. Schließlich könnten weitere versehentliche Fehler durch das zum Beispiel inkorrekte Ablesen von Zahlen und bei Messungen entstanden sein. Möglicherweise können Flüchtigkeitsfehler beim Notieren von Ergebnissen passiert sein.

Im Endeffekt können bei der Aufnahme unserer Parameter Ungenauigkeiten durch die Messgeräte nicht vollständig ausgeschlossen werden. Jedoch gibt es keine uns bekannten gravierenden Fehler, die unsere Ergebnisse verfälschen.

5. Fazit

Das Marteloskop „Am Paradies“ eignet sich gut, um Übungsteilnehmern die Bedeutung von Habitatbäumen näher zu bringen. Auf der Fläche ist eine hohe Diversität an Bäumen verschiedener Arten, unterschiedlichen Alters und mit vielen Habitat-Typen vertreten. Das Marteloskop befindet sich im FFH-Gebiet „Obere Nutheläufe“ und weist einen hohen Grad an Naturnähe auf (Abbildung 31). Die Baumartenzusammensetzung verändert sich innerhalb des Untersuchungsgebietes ein wenig. Der Grund dafür ist, dass die Fläche die zwei Lebensraumtypen Alno-Padion und Carpinion betuli umfasst. Weiterhin ist eine Vielzahl von Baummikrohabitaten in dem Gebiet vertreten, wobei sowohl allgemein häufig vorkommende als auch seltene Typen vorhanden sind. Außerdem gibt es einen hohen Totholzanteil, wozu vor allem das liegende Totholz beiträgt. Die Baummikrohabitate und das Totholz sind wichtige Indikatoren für die Artenvielfalt. In dem Marteloskop „Am Paradies“ kann man von einer hohen Biodiversität ausgehen, da viele Lebensräume für die unterschiedlichsten Arten vorhanden sind. Oft gibt es einen Interessenskonflikt zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft, wenn es um Totholz und Habitatbäume geht. Der Erhalt dieser Elemente führt häufig zu wirtschaftlichen Verlusten für den Forstbetrieb, weshalb sie meist entnommen werden und somit seltener im Wirtschaftswald zu finden sind. Da sie allerdings für die Förderung der Waldbiodiversität von entscheidender Bedeutung sind, müssen Lösungen für den Konflikt gefunden werden. Auf der Versuchsfläche ist die Existenz von Nutzung und Erhalt zur selben Zeit möglich. Mittels der Übungen im Marteloskop kann ermittelt werden, welche Bäume einen hohen ökologischen Wert haben, und aus diesem Grund geschützt werden müssen, aber zeitgleich ökonomisch nicht so wertvoll sind.

Außerdem kann untersucht werden, welche Gehölze einen hohen Ertrag bringen und gleichzeitig wenig Habitate besitzen, sodass sie ohne großen Einfluss auf die Biodiversität geerntet werden können.

Marteloskope können prinzipiell in jedem Wald angelegt werden. Interessant sind sie jedoch da, wo der aktuelle Zustand nicht zufriedenstellend ist, und man mit Hilfe der Übungs-Simulation herausfinden kann, welche Folgen jeweilige Eingriffe mit sich bringen. Der Hektar, den das Untersuchungsgebiet umfasst, wird vorerst aus der Wirtschaft herausgenommen, da sonst die aufgenommenen Gehölze verloren gehen würden und die Einrichtung um sonst gewesen wäre. Aufschlussreich sind Marteloskope in vielen verschiedenen Wäldern mit unterschiedlichen Strukturen, da man so neue Erkenntnisse erlangt und der Wissensaustausch angeregt werden kann. Ungünstig sind die Versuchsflächen eher in sehr jungen Beständen, wenn viele Gehölze einen Durchmesser unter 7 cm besitzen und somit nicht mit aufgenommen werden. In solchen Beständen wären wenig Habitate zu erwarten, weil nicht genug Zeit für ihre Entwicklung zur Verfügung stünde und das Vorhandensein von Baummikrohabitaten mit steigendem Durchmesser wahrscheinlicher ist. In einem Wald mit sehr wenig Habitaten wäre der Marteloskop-Aspekt schlecht veranschaulicht, da die Übungsinstrumente dazu dienen, das Auge des Teilnehmers auf Baummikrohabitate zu trainieren.

Marteloskope eignen sich generell sehr gut, um Strategien des Managementplans für FFH-Gebiete abzubilden. Einige dieser Strategien gelten für alle Wald-Lebensraumtypen, weshalb das Marteloskop „Am Paradies“ gezeigt hat, dass es allgemein möglich ist, sie in der Simulation darzustellen. Insbesondere in FFH-Gebieten sind Marteloskope gegenüber einer klassischen Forsteinrichtung von Vorteil, da man die Folgen bevorstehender Eingriffe voraussehen kann. Somit kann man Maßnahmen für die Verbesserung des Erhaltungszustands im Vorfeld erproben, und die Teilnehmer werden auf die speziellen Merkmale des Bestandes sensibilisiert.

Durch die Simulationen kann man die Folgen von Eingriffen gezielt abschätzen und bekommt ein Gefühl für den Wert der Bäume. Man lernt eine Vielzahl von Baummikrohabitaten kennen und beginnt deren Bedeutung zu verstehen. Der Wald ist ein komplexes System, in dem viele Prozesse und Strukturen eine wichtige Rolle spielen. Das Marteloskop als Instrument für Fortbildungszwecke hilft dabei, die Übungsteilnehmer nicht nur den Geldwert des Holzes sehen zu lassen, sondern auch die Relevanz von naturschutzfachlichen Aspekten zu erkennen.



Abbildung 31: Marteloskop „Am Paradies“ (eigene Aufnahme)

6. Ausblick

Generell ist ein Marteloskop eine Momentaufnahme, da der Wald einem stetigen Wandel unterliegt, bei dem Bäume wachsen und sterben, neue Habitate entstehen und möglicherweise alte verschwinden und die Artenzusammensetzung je nach den klimatischen Verhältnissen auch wechseln kann. Dabei bleibt offen, ob sich nach einer gewissen Zeitspanne jemand die Mühe macht, und die Daten der Versuchsfläche aktualisiert. Während unserer Aufnahmen im Gelände kam es vor, dass innerhalb weniger Wochen vereinzelt Bäume umgefallen sind und wir unsere Daten überarbeiten mussten. Man kann also davon ausgehen, dass eine Aktualisierung des Marteloskopes nahezu denselben Zeitaufwand erfordert, wie die erste Einrichtung. Der Aufwand wäre sehr groß, daher bleibt ungeklärt, ob die Fläche irgendwann kein Marteloskop mehr ist und die Nutzung wieder aufgenommen wird. Generell stellt sich auch die Frage, inwieweit Pflegemaßnahmen auf der Waldfläche für die Nutzung zu Schulungszwecken erforderlich sind.

Für die Zukunft wäre es hilfreich, wenn die Software auf den Tablets im Wald den direkten Standort, wo man sich im Augenblick befindet, anzeigen könnte. In manchen Situationen ist es schwierig, aus einiger Entfernung die Nummern der Bäume zu sehen und sich genau zu orientieren. Allerdings ist dieses Update nicht zwingend erforderlich und wäre nur eine nützliche Hilfe.

Generell gibt es einen Forschungsbedarf in Bezug darauf, inwieweit die Übung im Marteloskop das Bewusstsein für den Artenschutz schärft. Sind die Teilnehmer der Übung danach auf den ökologischen Wert und die Bedeutung von Habitatbäumen sensibilisiert? Wie wirkt sich das dann bei realen Durchforstungen aus? Wird beim Auszeichnen auf Baummikrohabitate geachtet, auch wenn dafür wenig Zeit zur Verfügung steht und eine bestimmte Summe durch die Holzernte verdient werden muss? Man kann davon ausgehen, dass die Lernerfolge der Übungen sehr individuell sind und es darauf ankommt, wie wichtig es dem Einzelnen ist.

Trotz dieser ungeklärten Fragen sind Marteloskope unserer Meinung nach ein wichtiges und sinnvolles Übungsinstrument, welche naturschutzfachliche Aspekte deutlich machen, die eventuell vorher keine Beachtung in den Köpfen der Teilnehmer gefunden haben. Das europaweite Netz der Marteloskope wird immer größer, was dafür spricht, dass ein generelles Interesse für dieses Projekt besteht. Jede durchgeführte Übung trägt dazu bei, dass immer wieder neue Menschen ein Stück weit ein Bewusstsein für Baummikrohabitate, Totholz und deren Bedeutung für die Biodiversität im Wald erlangen. Die Marteloskope leisten somit auch einen Beitrag für den Naturschutz und helfen die Artenvielfalt zu fördern.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir einige Worte des Dankes ausdrücken.

Wir danken insbesondere Prof. Dr. Markus Meyer für die kompetente Betreuung dieser Bachelorarbeit. Vor allem bedanken wir uns für sein großes Interesse an der Thematik, seine konstruktive Kritik und für seine stets sehr schnellen Rückmeldungen und Hilfestellungen.

Weiterhin gilt ein großer Dank auch dem Revierleiter Dipl.-Ing. Toren Reis, der uns stets unterstützt und diese Arbeit in vielerlei Hinsicht vorangebracht hat. Seine Idee bezüglich der Thematik und die Bereitstellung der Versuchsfläche hat unsere Bachelorarbeit überhaupt erst ermöglicht.

Gleichermaßen bedanken wir uns ausdrücklich bei Andreas Schuck und Sergey Zudin vom European Forest Institute. Durch ihre Verarbeitung der Daten wurde eine Grundlage für diese Bachelorarbeit geschaffen. Zusätzlich konnten sie uns stets bei fachlichen Problemen in Bezug auf die Thematik der Marteloskope helfen und waren jederzeit ausgesprochen freundlich. Vielen Dank für die angenehme Zusammenarbeit.

Ein herzlicher Dank gilt Mario Kleest, dem Forstwirtschaftsmeister, der uns in vielerlei Hinsicht bei den Geländeaufnahmen auf der Fläche unterstützt hat. Trotz teilweise beschwerlicher Wetterbedingungen konnten wir jederzeit auf seine Hilfe zählen.

Dem Sachverständiger für Forstwirtschaft, Dr. Rainer Telle, danken wir für sein Engagement bezüglich der Lösung eines unserer Probleme. Er konnte uns bei einer forstwirtschaftlichen Thematik helfen, bei der es uns an gewissem Fachwissen mangelte.

Zudem bedanken wir uns bei Prof. Dr. Martin Guericke von der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde für seine freundliche Einführung in die Thematik. Er zeigte uns erstmals ein Marteloskop und gab uns Tipps sowie Hinweise für die Anlage unseres eigenen Marteloskopes.

Des Weiteren danken wir dem Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, besonders dem Mitarbeiter Jens Stolle, für die Bereitstellung des Managementplans und die Beantwortung unserer Fragen diesbezüglich.

Außerdem möchten wir uns bei Metallbildner Carsten Sens für die Anfertigung der Plaketten zur Kennzeichnung unserer Bäume bedanken.

Ein großes Dankeschön gilt unseren Familien und Partnern für die Unterstützung während unseres gesamten Studiums. Dank eures Bestands und eurer Motivation konnten wir schwierige Zeiten überwinden und stets nach vorne blicken.

Referenzen

- Allgaier Leuch, B.; Streit, K. & Brang, P. (2017). Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkbl. Prax. 59.1. 8 S.
- Asbeck, T.; Großmann, J.; Paillet, Y.; Winiger, N. & Bauhus, J. (2021). The use of tree-related microhabitats as forest biodiversity indicators and to guide integrated forest management. *Current Forestry Reports*. 7. 59-68.
- Bollmann, K.; Bergamini, A.; Senn-Irlet, B.; Nobis, M.; Duelli, P. & Scheidegger, C. (2009). Konzepte, Instrumente und Herausforderungen bei der Förderung der Biodiversität im Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 160: 53–67.
- Bollmann, K. (2011). Naturnaher Waldbau und Förderung der biologischen Vielfalt im Wald. In *Forum für Wissen*. pp. 27-36.
- Brändli, U. B.; Abegg, M.; Düggelein, C. & Traub, B. (2021). Baummikrohabitate im Schweizer Wald und im Buchenurwald Uholka-Schyrokyj Luh. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 172(5). 286-299.
- Bundesamt für Naturschutz (2010). *Natura 2000 in Deutschland. Edelsteine der Natur*. Strube Druck und Medien OHG. Bonn-Bad Godesberg.
- Buse, J.; Fritze, M. A. & Wollik, N. (2021). Spannende Insektenvielfalt im Totholz: Bedeutung von Totholz für überwinternde Laufkäfer und andere Insekten. *Biologie in unserer Zeit*. 51(4). 353-359.
- Bütler, R. & Schlaepfer, R. (2004). Wie viel Totholz braucht der Wald? Dead wood in managed forests: how much is enough? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 155(2). 31-37.
- Bütler, R.; Lachat, T. & Schlaepfer, R. (2006). Förderung von saproxylichen Arten: Massnahmen, Zielkonflikte und offene Fragen | Promoting saproxylic species: measures, conflicting aims and open questions. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 157(6). 217-226.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Larrieu, L. & Paillet, Y. (2013). Habitat trees: key elements for forest biodiversity. In: Kraus, D. & Krumm, F. (Eds.) *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. European Forest Institute. 284 pp.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Krumm, F.; Kraus, D. & Larrieu, L. (2020a). Habitatbäume kennen, schützen und fördern. *Merkbl. Prax.* 64. 12 S.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Krumm, F.; Kraus, D. & Larrieu, L. (2020b). *Taschenführer der Baummikrohabitate – Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen*. Birmensdorf. Eidg. Forschungsanstalt WSL. 59 S.
- Cosyns, H.; Kraus, D.; Krumm, F.; Schulz, T. & Pyttel, P. (2019). Reconciling the tradeoff between economic and ecological objectives in habitat-tree selection: a comparison between students, foresters, and forestry trainers. *Forest Science*. 65(2). 223-234.
- Cosyns, H.; Joa, B.; Mikoleit, R.; Krumm, F.; Schuck, A.; Winkel, G. & Schulz, T. (2020). Resolving the trade-off between production and biodiversity conservation in integrated forest management: comparing tree selection practices of foresters and conservationists. *Biodiversity and Conservation*. 29. 3717-3737.
- Derks, J.; Schuck, A. & Zudin, S. (2022). *Bedienungsanleitung - I+ Trainer software*. European Forest Institute.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Abteilung Öffentlichkeitsarbeit (2020). *Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR)*. Ostbevern.
- Funkel, C.; Reichhoff, L. & Schönbrodt, R. (2003). *Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Sachsen-Anhalts. Ergänzungsband*. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Halle (Saale).

- Gemmingen-Guttenberg, K. (2021). Einrichtung eines Marteloskops in einer Naturwaldentwicklungsfläche der Hatzfeldt-Wildenburg'schen Verwaltung. Bachelorarbeit. Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg. Rottenburg.
- Greger, O. (2021). Waldaufbau auf standortgerechter Grundlage am Beispiel Bärenthoren und Hoher Fläming. Cw Nordwest Media Verlag. Grevesmühlen.
- Großmann, J. & Carlson, L. (2021). Erfassung biodiversitäts-relevanter Waldstrukturen an Einzelbäumen und Baumgruppen: Methodenleitfaden zur systematischen Erhebung von Baum-Mikrohabitaten und Totholz. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- Herrmann, S.; Conder, M. & Brang, P. (2012). Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 163(6). 222-231.
- Hipler, U., Kröner, O. & Wimmer, N. (2017). Werkzeuge der Forstverwaltung für die Umsetzung von Natura 2000. – ANLiegen Natur 39(2): 131– 136. Laufen.
- Joa, B.; Paulus, A.; Mikoleit, R. & Winkel, G. (2020). Decision Making in Tree Selection – Contemplating Conflicting Goals via Marteloscope Exercises. Rural Landscapes: Society, Environment, History, 7(1): 3. 1–14.
- Konczal, A. A.; Derks, J.; de Koning, J. H. & Winkel, G. (2023). Integrating nature conservation measures in european forest management – An exploratory study of barriers and drivers in 9 european countries. Journal of Environmental Management. 325. 116619.
- Kraus, D.; Bütler, R.; Krumm, F.; Lachat, T.; Larrieu, L.; Mergner, U.; Paillet, Y.; Rydkvist, T.; Schuck, A. & Winter, S. (2016a). Katalog der Baummikrohabitate – Referenzliste für Feldaufnahmen. Integrate+ Technical Paper. 16 S.
- Kraus, D.; Mergner, U.; Schuck, A.; Krumm, F. & Haußmann, T. (2016b). Integrate+: Wieviel Naturschutz kann der bewirtschaftete Wald leisten? Der Dauerwald. Zeitschrift für naturgemäße Waldwirtschaft. 54 (08).
- Kraus, D. & Schuck, A. (2016c). Mikrohabitatstrukturen im Wald: Ein Schlüssel zur Erhaltung von gefährdeten Arten. ANLiegen Natur. 38(1). 99-101.
- Kraus, D.; Schuck, A.; Krumm, F.; Bütler, R.; Cosyns, H.; Courbaud, B.; Larrieu, L.; Mergner, U.; Pyttel, P.; Varis, S.; Wilhelm, G.; Witz, M.; Zenner, E. & Zudin, S. (2018). Seeing is building better understanding - the Integrate+ marteloscopes. Integrate+ Technical Report. European Forest Institute.
- Krumm, F.; Lachat, T.; Schuck, A.; Bütler, R. & Kraus, D. (2019). Marteloscope als Trainingstools zur Erhaltung und Förderung von Habitatbäumen im Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 170(02). 86-93.
- Lachat, T.; Bouget, C.; Bütler, R. & Müller, J. (2013). 2.2 Totholz: Quantitative und qualitative Voraussetzungen für die Erhaltung der biologischen Vielfalt von Xylobionten. In Focus–Managing Forest in Europe. 96.
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Fachbereich 4 – Naturschutz (2014). Kartieranleitung Lebensraumtypen Sachsen-Anhalt – Teil Wald. Zur Kartierung der Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie.
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Abteilung 4 (2022). Managementplan für das FFH-Gebiet „Obere Nutheläufe“. Stand 26.06.2023 noch unveröffentlicht.
- 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(8). 1433-1445.

- Larrieu, L.; Paillet, Y.; Winter, S.; Bütler, R.; Kraus, D.; Krumm, F.; Lachat, T.; Michel, A. K.; Regnery, B. & Vandekerckhove, K. (2018). Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*. 84. 194-207.
- Lorenz, J. (2005). Schnellmethode der Totholz-Strukturkartierung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 37. 342-349.
- Menke, N. (2006). Untersuchungen zur Struktur und Sukzession der saproxylen Käferfauna (Coleoptera) an Eichen- und Buchentotholz. Dissertation. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. Georg-August-Universität Göttingen.
- Meyer, P.; Menke, N.; Nagel, J.; Hansen, J.; Kawaletz, H.; Paar, U. & Evers, J. (2009). Entwicklung eines Managementmoduls für Totholz im Forstbetrieb. Abschlussbericht des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt und Niedersächsische Landesforste. Göttingen.
- Müller-Kroehling, S. (2013). Gebietsmanagement und Forstwirtschaft in Natura 2000-Gebieten. *LWF aktuell*. 95. 8.
- Niedermann-Meier, S.; Mordini, M.; Bütler, R. & Rotach, P. (2010). Habitatbäume im Wirtschaftswald: ökologisches Potenzial und finanzielle Folgen für den Betrieb. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 161(10). 391-400.
- O'Brien, L.; Derks, J. & Schuck, A. (2022). The use of marteloscopes in science: a review of past research and suggestions for further application. *Integrate Network Report*. European Forest Institute. 26 p.
- Petercord, R. (2006). Totholzmanagement in Buchenwäldern. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* Nr. 59. 191.
- Petercord, R. (2009). Waldschutz und Klimawandel - "Wettlauf" mit den Schädlingen. *LWF Wissen*. 63. 61-69.
- Pfeiffer, A. (2020). Landschaftsstrukturmaße in der Raumplanung. Untersuchung von Strukturmaßen zur Erfassung der Schutzwürdigkeit von Wäldern anhand der räumlichen Struktur. Masterarbeit. Technische Universität Dortmund. Fakultät Raumplanung. Dortmund.
- Przepióra, F. & Ciach, M. (2022). Tree microhabitats in natural temperate riparian forests: An ultra-rich biological complex in a globally vanishing habitat. *Science of the Total Environment*. 803. 149881.
- Pukall, K. (2016). Waldnaturschutz – eine Herausforderung für Förster. *AFZ-Der Wald*. 47-49.
- Reichhoff, L.; Kugler, H.; Refior, K. & Warthemann G. (2001). Die Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts (Stand: 01. 01. 2001). Ein Beitrag zur Fortschreibung des Landschaftsprogrammes des Landes Sachsen-Anhalt. Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt.
- Roloff, A. & Bärtels, A. (2018). *Flora der Gehölze. Bestimmung/Eigenschaften/Verwendung*. 5. aktualisierte Auflage. Ulmer Eugen Verlag. Stuttgart.
- Ruschkowski, E. (2009). Ursachen und Lösungsansätze für Akzeptanzprobleme von Großschutzgebieten. Doctoral dissertation, Ph. D. diss., Leibniz University Hannover.
- Santopuoli, G.; di Cristofaro, M.; Kraus, D.; Schuck, A.; Lasserre, B. & Marchetti M (2019). Biodiversity conservation and wood production in a Natura 2000 Mediterranean forest. A trade-off evaluation focused on the occurrence of microhabitats. *iForest* 12: 76-84.
- Schiegg Pasinelli, K. (1998). Totholz bringt Leben in den Wirtschaftswald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 149(10). 784-794.

- Schiegg Pasinelli, K. & Suter, W. (2000). Lebensraum Totholz. Birmensdorf: Eidg Forschungsanstalt WSL. Merkblatt für die Praxis. 33(7).
- Schubert, R. (2001). Prodrum der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. Unter Mitarbeit von Hagen Herdam, Hugo Weinitschke und Jelena Frank. Halle (Saale), Fröbnitz: Botanischer Verein Sachsen-Anhalt e.V. (Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2).
- Schuck, A.; Kraus, D.; Krumm, F. & Schmitt, H. (2015a). Integrate+ marteloscopes – Kalibrierung waldbaulicher Entscheidungen. Integrate+ Technical Paper No. 1.
- Schuck, A.; Krumm, F. & Kraus, D. (2015b). Integrate + Marteloscopes – Description of parameters and assessment procedures. Integrate+ Technical paper No. 18.
- Schuck, A.; Kraus, D.; Krumm, F. & Zudin, S. (2020). Marteloscopes - a key instrument for fact-based learning, understanding, and the exchange of knowledge on forests and their management. In: Krumm, F.; Schuck, A. & Rigling, A. (Eds.) How to balance forestry and biodiversity conservation. A view across Europe (pp. 256-259). European Forest Institute (EFI). Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL).
- Soucy, M.; Adégbidi, H. G.; Spinelli, R. & Béland, M. (2016). Increasing the effectiveness of knowledge transfer activities and training of the forestry workforce with marteloscopes. *The Forestry Chronicle*. 92(4). 418-427.
- Stahl, L-M. & Hein, S. (2022). Erstes Plenterwald-Marteloskop im Privatwald eingerichtet. *AFZ-Der Wald*. 11/22. 41-44.
- Thormann, J. J.; Allenspach-Schliessbach, K.; Bugmann, H.; Frehner, M.; Junod, P.; Rosset, C. & Kühne, K. (2019). Bedeutung von Marteloscopen für Praxis und Lehre in der Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 170(2). 60-68.
- Wettmann, O. & Hartmann, H. (2009). Totholz: Besondere Gefahren erfordern besondere Sicherheitsmassnahmen | Deadwood: particular dangers call for particular safety measures. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 160(11). 346-349.
- Wirth, C.; Engelmann, R. A.; Haack, N.; Hartmann, H.; Richter, R.; Schnabel, F.; Scholz, M. & Seele-Dilbat, C. (2021). Naturschutz und Klimawandel im Leipziger Auwald: Ein Biodiversitätshotspot an der Belastungsgrenze. *Biologie in unserer Zeit*. 51(1). 55-65.

Rechtsquellenverzeichnis

Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 112 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 08. Dezember 2022 geändert worden ist.

Gesetz zur Erhaltung und Bewirtschaftung des Waldes, zur Förderung der Forstwirtschaft sowie zum Betreten und Nutzen der freien Landschaft im Land Sachsen-Anhalt (Landeswaldgesetz Sachsen-Anhalt - LWaldG) vom 25. Februar 2016 (GVBl. LSA S. 77), geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 05. Dezember 2019 (GVBl. LSA S. 946).

Landesverordnung zur Unterschutzstellung der Natura 2000-Gebiete im Land Sachsen-Anhalt (N2000-LVO LSA) gemäß § 23 des Naturschutzgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt (NatSchG LSA), in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Dezember 2010 (GVBl. LSA 2010, 569), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 18. Dezember 2015 (GVBl. LSA S. 659, 662).

Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt vom 10. Dezember 2010 (GVBl. LSA S. 569), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Oktober 2019 (GVBl. LSA S.346).

Internet

European Forest Institute (2023). Marteloscope map and site information. Online verfügbar unter: <http://iplus.efi.int/marteloscopes-data.html>; letzter Zugriff: 26.06.2023; 14:09 Uhr

Striepen, K., Tröltzsch, P. (2017). Natura 2000 Experten zu Gast in den Villewäldern. Online verfügbar unter: <https://villewaelder.de/de/aktuelles/201-natura2000-experten-des-bundes-besuchen-die-villewaelder>; letzter Zugriff: 13.05.2023; 22:25 Uhr

Aufteilung der Arbeit

	Franziska Böltzig	Annabell Wolf
Zusammenfassung & Abstract	Zusammenfassung & Abstract	
Einleitung	Absatz 1 (Habitate)	Absatz 2 (Totholz)
	Absatz 3 (Marteloskope)	Absatz 4 (Natura 2000)
	Absatz 6 (Ziele der Arbeit)	Absatz 5 (rechtliche Grundlagen)
Material & Methoden	Gebietsbeschreibung	Auswahl des Untersuchungsgebiets
	Simulation	Datenaufnahme
	Strategien des Managementplans	Aufnahme der Habitate
	Aufnahme des Totholzes	
Ergebnisse	Ergebnisse der Datenaufnahme	Ausgeschiedener Bestand
	Ausgangsbestand	Erhaltener Bestand
	Konfliktbäume	Ergebnisse der Habitate
	Verbleibender Bestand	
	Ergebnisse des Totholzes	
Diskussion	Marteloskop und Strategien	Habitate
	Totholz	Konflikt zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft
		Fehlererhebung
Fazit		Fazit
Ausblick		Ausblick

Eidesstattliche Erklärungen

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe. Ich habe alle wörtlich und sinngemäß übernommenen Textstellen als solche kenntlich gemacht, dies gilt auch für die in der Arbeit enthaltenen graphischen Darstellungen.

Friedrichsschwerz, den 26.06.2023

Unterschrift der Verfasserin:



Franziska Böttzig

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe. Ich habe alle wörtlich und sinngemäß übernommenen Textstellen als solche kenntlich gemacht, dies gilt auch für die in der Arbeit enthaltenen graphischen Darstellungen.

Zerbst, den 26.06.2023

Unterschrift der Verfasserin:



Annabell Wolf

Anhang

Abbildung A 1: Infoblatt des Marteloskopes (vom EFI)



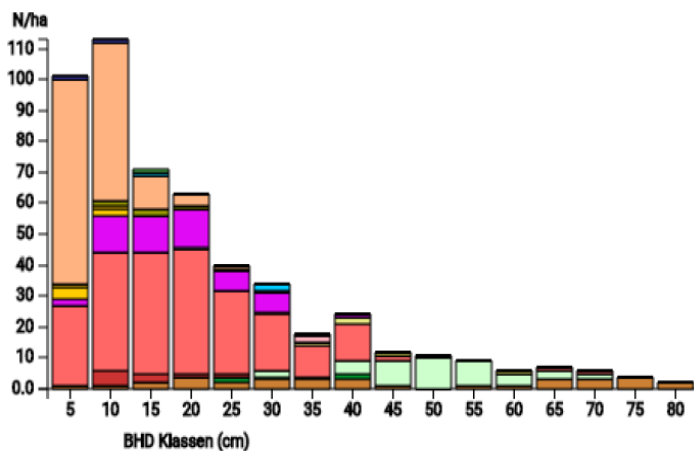
Information zur Fläche DE

Name: **Am Paradies**

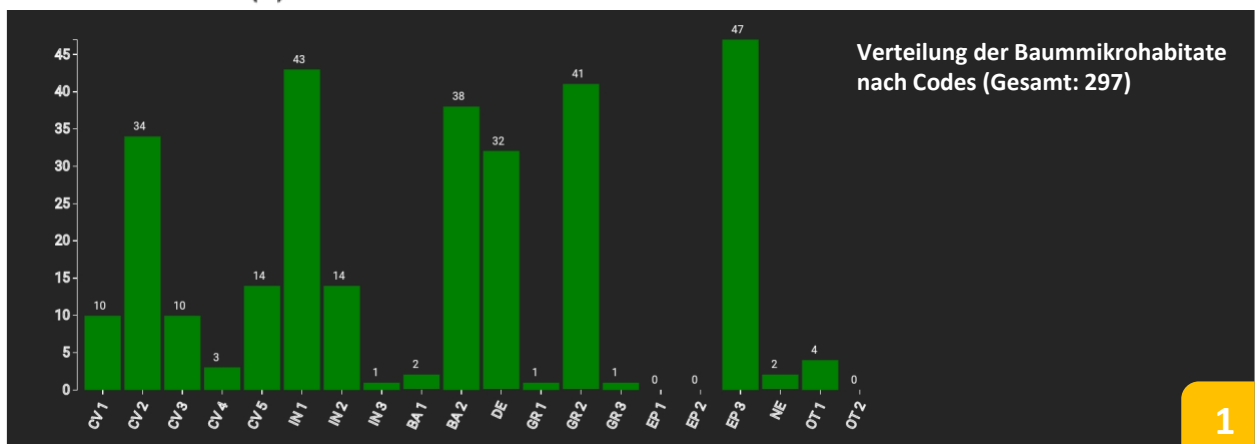
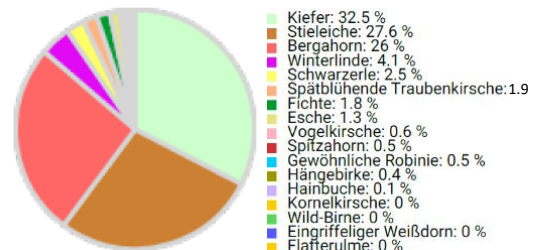
Waldbild: **Eichen-Ahorn-Linden-Kiefern Mischbestand**

Bundesland / Region	Waldbesitzer	Einrichtung	Flächengröße
Sachsen-Anhalt	Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt	2022	1,0 ha
Höhe [m ü. M.]	Durchschnittlicher Jahresniederschlag [mm]	Jahresdurchschnittstemperatur [°C]	Natürliche Waldgesellschaft
75	600	9,0	Carpinion betuli
Anzahl der Bäume [N/ha]	Grundfläche [m²/ha]	Vorrat / Erntefestmeter [m³/ha]	Habitatwert [Punkte/ha]
521	33,1	405,0 / 316,1	3695

BHD Verteilung

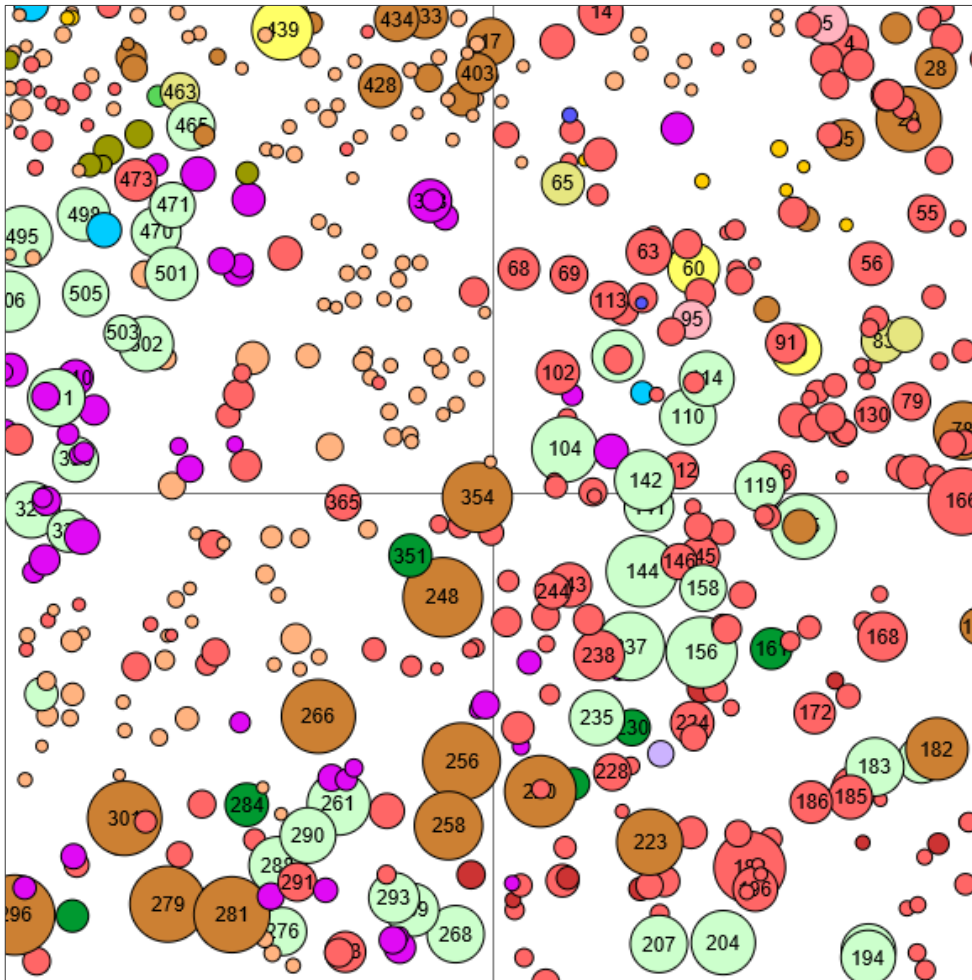


Baumartenverteilung (% des Gesamtvorrates)



Am Paradies

Stammfußkarte (1,0 ha):



Kontaktinformation:

Toren Reis

Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt

Forstbetrieb Anhalt

Heidebrückenweg 28

06849 Dessau-Roßlau

forstbetrieb.anhalt@lfb.mlu.sachsen-anhalt.de

2

