

Versuchsziel

1. Versuchsart: Effektivität des Belassens von Habitatbäumen für die Struktur- und Artenvielfalt in bewirtschafteten Buchenwäldern
2. Baumarten: Buche, ELä, Kie, (Dgl)
3. Versuchsfläche angelegt: 2019
bei einer Höhe von: h_{100} Buche 31,6 m (Bu 340/1) bzw. 33,6 m (Bu 340/2) und 32,5 m (Bu 341)
bei einem Alter von: Buche ca. 90 Jahre (Angabe FE-Werk 1/2009: 62-102/77)
Buche: dGz_{100} 8 (nach Ertragstafel Alter/Mittelhöhe)
4. Geplantes Versuchsende: 2050
5. Parallelversuche: siehe Kooperationspartner
6. Spezielle Zielsetzung: Effektivität des Belassens von Habitatbäumen für die Struktur- und Artenvielfalt in bewirtschafteten Buchenwäldern, bei unterschiedlich rascher Freistellung der Habitatbaumgruppen 10 J., 30 J. Nullfläche/Vorratspflege

1. Vorläufiger Behandlungsplan

1.1 **Freistellung der Habitatbaumgruppe innerhalb von 10 Jahren, in 3 Eingriffen** (Bu 341)

rasche Freistellung der Habitatbaumgruppe, darüber hinaus qualitätsdifferenzierte Zielstärkennutzung (B+: >60cm; C-: 50cm) und bevorzugte Entnahme der ELä; Eingriffswiederkehr: 5 Jahre, Entnahme je Eingriff etwa 150 Vfm/ha

1.2 **Freistellung der Habitatbaumgruppe innerhalb von 30 Jahren, in 7 Eingriffen** (Bu 340/2)

langsame Freistellung der Habitatbaumgruppe, darüber hinaus qualitätsdifferenzierte Zielstärkennutzung (B+: >60cm; C-: 50cm) und bevorzugte Entnahme der ELä und zielstarker Dgl (90+), Eingriffswiederkehr: 5 Jahre, Entnahme je Eingriff etwa 70 Vfm/ha

1.3 **Keine Freistellung der Habitatbaumgruppe Nullfeld/Vorratspflege** (Bu 340/1)

alle 10 Jahre Entnahme von zN und/oder halber laufender Zuwachs.

Titel des Vorhabens:	Die Effektivität des Belassens von Habitatbäumen für die Struktur- und Artenvielfalt in bewirtschafteten Buchenwäldern
Antragsteller:	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen Professur für Waldbau Tennenbacher Straße 4 79106 Freiburg
Ansprechpartner:	Prof. Dr. Jürgen Bauhus Tel: 0761/203-3677 Fax: 0761/203-3781 Mail: juergen.bauhus@waldbau.uni-freiburg.de
Kooperationspartner:	Technische Universität Dresden (Prof. Dr. Sven Wagner), Georg-August-Universität Göttingen (Prof. Dr. Christian Ammer), Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Prof. Dr. Ulrich Kohnle), Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Dr. Peter Meyer) Wald und Holz NRW, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, (Dr. Bertram Leder)

Aktuelle Problemstellung und Stand des Wissens

Habitatbäume sind Bäume, die aufgrund besonderer Strukturen, sog. „Mikrohabitate“ wie z.B. Baumhöhlen Lebensraum für Arten bieten, die auf diese Strukturen angewiesen sind. Habitatbäume gehören zusammen mit stehendem und liegendem Totholz zu den wichtigen Strukturelementen von Waldökosystemen (Michel und Winter 2009, Vuidot et al. 2011, Larrieu et al. 2012). Ihre Förderung und ihr Erhalt trägt maßgeblich zur Sicherung der Biodiversität in Wirtschaftswäldern bei (siehe z.B. Kraus und Krumm 2013, Fedrowitz et al. 2014). Zum Erhalt der wertvollen Lebensräume, die an diese Sonderstrukturen gebunden sind, wurden in den meisten Bundesländern Konzepte entwickelt, die darauf abzielen, Alt- und Totholz in bewirtschaftete Wälder zu integrieren (siehe z.B. Hessen-Forst 2012, Niedersächsische Landesforsten 2016, ForstBW 2015, Wald und Holz NRW 2017). Damit soll in der Fläche ein guter Erhaltungszustand von Populationen (insbesondere) geschützter Arten gewährleistet werden. Die Notwendigkeit dafür leitet sich unter anderem aus dem Bundesnaturschutzgesetz ab (§ 44). Die quantitativen Vorgaben zur Implementierung dieser Erhaltungsmaßnahmen, z.B. zur Anzahl der Habitatbäume je Hektar und ihrer räumlichen Verteilung (einzeln oder in Gruppen) wurden bisher hauptsächlich aus nordamerikanischen bzw. skandinavischen Untersuchungen abgeleitet bzw. an betrieblichen Notwendigkeiten wie der Verkehrssicherung oder der Kartierbarkeit dieser Strukturen (z.B. als Habitatbaumgruppen) ausgerichtet. Bisher fehlt es jedoch an belastbaren Informationen zur Wirksamkeit dieser Maßnahmen.

Um die Wirksamkeit von Habitatbäumen einschätzen zu können, fehlen zum einen Informationen über ihre Entwicklung, z.B. wie lange sie als lebende Bäume ihre Funktion erfüllen und wie ihre Mortalität von Baum- und Bestandesattributen abhängt. Dieser Fragestellung sind bislang nur sehr wenige Untersuchungen im außereuropäischen Ausland nachgegangen (siehe z.B. Carter et al. 2017). Zur Mortalität und Effektivität von Habitatbäumen wurde bisher vor allem im Zusammenhang mit „Retention Forestry“ in Kahlschlagsystemen geforscht (z. B. Aubry et al. 2009, Gibbons et al. 2008, Gustafsson et al. 2012). Die verfügbaren Forschungsergebnisse zur Entwicklung von einzelnen Habitatbäumen und Habitatbaumgruppen deuten darauf hin, dass a) die Mortalität dieser Bäume auf den geernteten Flächen deutlich über derjenigen in geschlossenen Beständen liegt, dass b) die Mortalitätsrate mit abnehmendem Anteil belassener Bäume an der Grundfläche des Ausgangsbestandes steigt und c) bei einzeln stehenden Bäumen höher liegt als bei solchen, die in Gruppen erhalten worden sind (z.B. Aubry et al. 2009). Die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Studien auf Baumarten und naturnah bewirtschaftete Wälder Mitteleuropas ist ungeklärt. So werden Habitatbäume i.d.R. nicht wie in Nordamerika oder Skandinavien plötzlich, sondern im Zuge längerer Verjüngungszeiträume graduell freigestellt (z.B. in Schirm- und Femelschlagverfahren) oder bleiben Bestandteil eines dauerhaft ungleichförmigen Bestandesgefüges. Rasch geführte Schirmhiebe, die zu einer plötzlichen Freistellung von Habitatbäumen führen, scheinen im öffentlichen Wald in ihrer flächenmäßigen Bedeutung abzunehmen.

Neben dem Verbleib der Habitatbäume an sich, ist nicht bekannt, inwiefern sich ihr naturschutzfachlicher Wert über die Zeit verändert. Dieser kann z.B. durch Häufigkeit und Qualität von sogenannten Mikrohabitaten (Höhlen, Kronentotholz, Rindentaschen, Epiphytenbesatz, Pilzkonsolen, etc., siehe hierzu auch Kraus et al. 2016) beziffert werden. Unter welchen Umständen diese Mikrohabitate entstehen und sich in Raum und Zeit entwickeln, ist bislang kaum erforscht (Vuidot et al. 2011). Offenbar sind Zeiträume von vielen Jahrzehnten anzusetzen bis sich die Dichte und Vielfalt der Mikrohabitate nach der Aufgabe der Nutzung deutlich erhöht (Larrieu et al. 2017). An dieser Stelle setzt der hier skizzierte, länderübergreifende Versuch zur Erforschung der Wirksamkeit des Erhalts von Habitat-

bäumen an. Da Buchenwälder hinsichtlich ihrer Flächenausdehnung die bedeutendsten FFH-Waldlebensraumtypen darstellen, konzentriert sich der Versuch zunächst auf Buchenwälder.

Gegenstand und Ziele des Projekts

Übergeordnetes Ziel des Forschungsvorhabens ist die Analyse der Entwicklung der naturschutzfachlichen Wertigkeit von Habitatbäumen, um daraus Empfehlungen für ihre Auswahl hinsichtlich Baumattributen, sowie Anzahl und räumlicher Verteilung für einen effektiven Biodiversitätsschutz in Wirtschaftswäldern abzuleiten. Mit den Ergebnissen dieses Vorhabens soll eine Evidenzbasis für eine ausreichende bzw. optimale Anzahl und Verteilung von Habitatbäumen geschaffen werden. Auf dieser Grundlage lassen sich auch die Produktionsverluste durch das Belassen von Habitatbäumen in Wirtschaftswäldern quantifizieren, so dass auch mögliche Kompensationszahlungen an Waldbesitzer im Sinne des Vertragsnaturschutzes abgeleitet werden können.

Da die Ergebnisse dieses Versuchs auf die Grundgesamtheit der Buchenwälder in Mitteleuropa extrapolierbar sein sollen, soll ein möglichst großer standörtlicher Gradient abgebildet und der Versuch über die Dauer praxisüblicher Verjüngungszeiträume hinaus durchgeführt werden. Der Versuchsaufbau sieht dafür vor, in Buchen-Althölzern vorzugsweise vorherrschende bzw. mitherrschende Habitatbäume im Zuge von Zielstärkennutzung und Verjüngungsmaßnahmen freizustellen. Um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen, räumlich getrennten Wiederholungen der Versuchsanlagen zu gewährleisten, sollte sowohl die Dimension und Vitalität der ausgewählten Habitatbäume sowie der Zeitraum ihrer Freistellung relativ einheitlich sein. Die Versuchsanlage wird in relativ geschlossenen, ca. 120-jährigen Beständen realisiert, um hinsichtlich der Bestandesstrukturen möglichst vergleichbare Ausgangsbedingungen zu gewährleisten. In diesen Beständen werden ausschließlich Buchen als Habitatbäume ausgewählt.

Da sich die endgültige Freistellung der Habitatbäume nicht über Jahrzehnte erstrecken kann, muss der Hiebsfortschritt, wenigstens in einer Behandlung, zwangsläufig von einer gewöhnlichen Zielstärkennutzung abweichen und innerhalb von 10 Jahren erfolgen. Gleichzeitig sollte auch eine praxisübliche Zielstärkennutzung bis zur Freistellung von Habitatbäumen durchgeführt werden (Freistellung innerhalb von 30 Jahren). Die Habitatbäume werden dabei entweder einzeln oder in Gruppen freigestellt, nicht mehr genutzt und ihrer natürlichen Entwicklung überlassen. Als Kontrolle dient eine Fläche auf der neben der Ausweisung von Habitatbäumen und programmgemäßen Erhebungen keine Maßnahmen stattfinden.

Die Habitatbäume sollten nicht nur zum Zeitpunkt ihrer Auswahl und Kennzeichnung eine hohe Anzahl und Vielfalt von (Mikro-)Habitatstrukturen aufweisen, sondern diese auch für die Dauer einer nächsten Bestandesgeneration bereitstellen können, d. h. entsprechend vital sein. Die Anzahl der Habitatbäume wird auf 15 ha^{-1} , einzeln verteilt oder in einer Gruppe festgelegt. Dies ist mehr als die gebräuchliche Anzahl von 3-5 Habitatbäumen ha^{-1} . Damit soll gewährleistet werden, dass eine ausreichende Anzahl von Bäumen bei begrenzter Größe der Behandlungsfläche für die Untersuchungen zur Verfügung steht. Dies geschieht unter der Annahme, dass die etwas höhere Anzahl nur einen geringen Einfluss auf die abhängigen Variablen (Mortalität, Entwicklung von Mikrohabitaten) haben wird.

Das experimentelle Design besteht weiterhin aus Behandlungen, die alle am Verbundversuch teilnehmenden Partner implementieren müssen (obligat) und solchen, die erwünscht sind, aber bei Flächenmangel auch ausgelassen werden können (optional). Damit soll sichergestellt werden, dass die Hürden für weitere Partner, die sich dem Verbundversuch zu einem späteren Zeitpunkt anschließen wollen, nicht zu hoch gelegt werden. Dementsprechend besteht das Design aus den folgenden 5 Behandlungen:

- Schneller Verjüngungsfortschritt (10 J.), 15 vereinzelte Habitatbäume ha⁻¹ (optional)
- Schneller Verjüngungsfortschritt (10 J.), 1 Habitatbaumgruppe mit 15 Bäumen ha⁻¹ (obligat)
- Langsamer Verjüngungsfortschritt (30 J.), 15 vereinzelte Habitatbäume ha⁻¹ (optional)
- Langsamer Verjüngungsfortschritt (30 J.), 1 Habitatbaumgruppe mit 15 Bäumen ha⁻¹ (obligat)
- Kontrolle (Vorratspflege mit Tolerierung von Habitatbäumen) (obligat)

Die behandelte Fläche darf nicht weniger als 30 Habitatbäume bzw. zwei Habitatbaumgruppen und nicht weniger als 2 ha betragen. Unter Berücksichtigung der optionalen Variante bei der weitere 30 Habitatbäume einzelbaumweise über weitere 2 ha verteilt werden, erstreckt sich die Versuchsfläche über 10 ha je Block (5 Varianten).

Innovativer Charakter

In Mitteleuropa gibt es bisher keine Versuchsanlage, in dem die Effektivität und das Schicksal von Habitatbäumen untersucht worden ist. Da Habitatbäume ein fester Bestandteil der Waldbewirtschaftung geworden sind, besteht dringender Informationsbedarf über die weitere Entwicklung einmal ausgewählter Habitatbäume, um deren Auswahl und räumliche Anordnung im Sinne eines effektiven Waldnaturschutzes zu optimieren.

Die zentralen Hypothesen des Versuchs lauten:

1. Die Mortalität von Habitatbäumen (nach Beginn der Endnutzung) ist höher als diejenige von Bäumen vergleichbarer Dimensionen und mit vergleichbaren (Mikro-)Habitatstrukturen in nicht geernteten Kontrollflächen.
2. Die Mortalität einzeln freigestellter Habitatbäume ist höher als die Mortalität von Bäumen vergleichbarer Dimensionen in Habitatbaumgruppen.
3. Die Entstehungsrate von Mikrohabitatstrukturen an ausgewiesenen Habitatbäumen liegt hinsichtlich Anzahl und Diversität dieser Strukturen über derjenigen von Bäumen vergleichbarer Dimensionen in nicht geernteten Kontrollflächen.
4. Die Reduktion der Produktivität des Folgebestandes durch den Einfluss der Habitatbäume ist auf die Kronenprojektionsfläche der Habitatbäume begrenzt, steigt allerdings mit der Lebensdauer der Habitatbäume an.
5. Solitär freigestellte Habitatbäume weisen eine erhöhte Prädisposition gegenüber holzersetzenen Pilzen und holzbrütenden Insekten auf als Bäume vergleichbarer Dimension in Habitatbaumgruppen.

Darüber hinaus ist das Langzeitexperiment als Versuchsplattform zu verstehen, da zusätzlich zu den genannten Kernfragen fakultativ weitere Fragen untersucht werden können. Diese sollten sich z.B. mit der Nutzung der Habitatbäume durch geschützte Waldarten sowie durch verschiedene taxonomische/funktionale Gruppen, dem Einfluss der Habitatbäume auf die Verjüngung und das Bestandesmikroklima, die Bodeneigenschaften o.ä. beschäftigen. Sowohl für die Kernfragen wie auch die weiteren Fragen werden einheitliche Protokolle für Design und Aufnahmen entwickelt, um gemeinsame Auswertungen im Versuchsverbund zu gewährleisten.

Abstufung der Arbeitsschritte

1. Flächenauswahl und Entwicklung der Aufnahmeroutinen
2. Entwicklung der Datenbankstruktur
3. Einrichtung der Versuchsflächen
4. Habitatbaumauswahl auf allen Versuchsflächen
5. Durchführung der ersten Erntemaßnahmen zur graduellen Freistellung der Habitatbäume

6. Inventur der Mikrohabitatstrukturen und Einpflegen aller Aufnahmen in die Datenbank
7. Anfertigung eines Übersichtsartikels zum gegenwärtigen Stand des Wissens zur Dynamik und Funktion von Habitatbäumen und Mikrohabitatstrukturen

Kosten und Finanzierung des Projekts

Die geschätzten Gesamtkosten des Projekts belaufen sich auf 256,500 €. Die nachfolgende Tabelle stellt die wichtigsten Kostenpunkte zusammen:

Position	2018	2019	2020	Summe
0,5 Wissenschaftlicher Mitarbeiter für 2,5 Jahre	38.000 €	38.000 €	19.000 €	95.000 €
Wissenschaftliche Hilfskräfte	2.000 €	2.000 €	2.000€	6.000 €
Arbeitsmaterial	2.000 €	2.000 €		2.000 €
Lizenzen für Fieldmap	2.400 €	2.400 €		4.800 €
Publikationskosten			2.000 €	2.000 €
Einrichtung von 7 kompletten Versuchsanlagen mit jeweils 10 ha à € 1650/ha	66.000 €	49.500 €		115.500 €
Entwicklung der Datenbank	3.000 €	3.000 €		6.000 €
Anlage und Pflege der Projekt-homepage	2.000 €			2.000 €
Dienstreisen und Projekttreffen	10.000 €	10.000 €	3.000 €	23.000 €
Konferenzen			3.000 €	3.000 €
Projektkosten Gesamt	125.400 €	106.900 €	29.000 €	260.300 €

Den größten Kostenpunkt nehmen die Personalkosten ein. Das Projekt wird von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter koordiniert. Er/Sie ist verantwortlich für die Kommunikation und Abstimmung aller Arbeiten zwischen den Partnern des Verbundversuchs sowie mit den Waldbesitzern und dem Forstpersonal vor Ort. Er/Sie stimmt die Aufnahmeprotokolle ab, organisiert das Training für Aufnahmeteams, koordiniert die Einrichtung der Versuchsanlagen, und führt die Vor-Ort-Kontrolle der Feldaufnahmen, Qualitätskontrolle der aufgenommenen Daten sowie die ersten Analysen durch. Er/Sie recherchiert Metadaten (Standortinformationen, Bestandesgeschichte) und koordiniert auch das Schreiben der Publikationen und pflegt die Projekthomepage. Die Einrichtung der Versuchsflächen wird im Wesentlichen durch lokale Teams der jeweiligen Kooperationspartner durchgeführt. Die Kosten der Einrichtung der Versuchsflächen, das Kernstück des Vorhabens, orientieren sich an den Erfahrungswerte der Einrichtung von 1 ha großen, sogenannten Marteloskopien, auf denen ebenfalls die Mikrohabitatstrukturen an jedem Baum (>7 cm BHD) erhoben wurden. Die Folgekosten für den Unterhalt der Versuchsanlagen und weitere Aufnahmen werden vollumfänglich von den Antragstellern und Kooperationspartnern übernommen. Weitere Kosten entstehen insbesondere durch die Dienstreisen zur Einrichtung der Versuchsflächen und zu Koordinationstreffen zwischen den Projektpartnern.

Der geleistete Eigenanteil der Professur für Waldbau und der Kooperationspartner setzt sich vor allem aus dem für das Projekt eingesetzten Stammpersonal und Sachmitteln zusammen. Die Stammkräfte der Projektpartner werden insbesondere für die Planung, Vorbereitung und Unterstützung der Geländearbeiten, der Schaffung der Projektinfrastruktur (z.B. Datenbank) sowie auch für die Daten-

aufbereitung und -analyse eingesetzt. Die über die Einrichtung der Versuchsflächen hinaus benötigten Materialien und Verbrauchsmittel und ggf. technischen Geräte werden ebenfalls aus eigenen Mitteln finanziert. Die vorgesehene Höhe des Eigenanteils entspricht circa 15-20 % der Projektkosten. Finanzierungshilfen aus weiteren Förderprogrammen sind beim derzeitigen Planungsstand für die Etablierung des Verbundversuchs nicht vorgesehen.

Die NW-FVA, Sachgebiet Waldnaturschutz/Naturwaldforschung, ist innerhalb des Vorhabens gemeinsam mit dem Koordinator und in Abstimmung mit den Projektpartnern für die Entwicklung und Dokumentation des Konzepts für die Außenaufnahmen zuständig. Langfristig übernimmt die NW-FVA auch die Datenprüfung, -aufbereitung und -sicherung. Die Datenerfassung soll mit der Software FieldMap erfolgen, die seit mehr als 10 Jahren erfolgreich bei der Waldstrukturerfassung in Naturwaldreservaten der NW-FVA eingesetzt wird. Die NW-FVA wird ein entsprechendes Aufnahmeprojekt unter dieser Software entwickeln und bringt einen Teil der Softwarelizenzen und Aufnahmegeräte (witterungsbeständige Tablet-PCs, weitere Messinstrumente) in das Vorhaben ein. Die NW-FVA entwickelt gemeinsam mit dem wissenschaftlichen Koordinator das Aufnahmeverfahren und eine Aufnahmeanweisung. Sie unterstützt ferner die Schulung der Inventurteams, und ist verantwortlich für die Datenaufbereitung und den Datenimport in die entsprechende Datenbank.

Dauer und Weiterführung des Projekts

Hier wird die Einrichtung des Verbundversuchs im Sinne der Schaffung einer Forschungsinfrastruktur beantragt. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Auswahl der Versuchsflächen, die Implementierung des Versuchs, die Aufnahmen der Bestände und ihrer Habitatstrukturen, sowie die Anlage von Datenbank und Homepage. Anders als bei anderen forstwissenschaftlichen Versuchen, die im Rahmen der Kernaufgaben von Versuchsanstalten angelegt werden, wird dieser Verbundversuch von vornherein mit universitären Partnern gestaltet und wird als eine offene Forschungsplattform entwickelt, die in Zukunft auch anderen Forschungsgruppen zur Verfügung gestellt wird, um die Effektivität des Belassens von Habitatbäumen möglichst umfassend zu analysieren.

Das gesamte Forschungsvorhaben soll mindestens drei Jahrzehnte laufen, um die notwendigen Ergebnisse zu liefern. In dieser Zeit werden auf allen Untersuchungsflächen turnusgemäße Aufnahmen durchgeführt, die die Entwicklung der Habitatbäume detailliert darstellen. Damit dabei eine einheitliche Datengrundlage erhalten bleibt, werden zu Beginn die entsprechenden Aufnahmeprotokolle entwickelt. Um Beobachtereffekte auszuschließen, werden alle Beteiligten im Rahmen von Workshops mit den Aufnahme Standards vertraut gemacht. Sämtliche Projektvorbereitungen und die Anlage der Versuchsflächen erfolgt in den ersten beiden Projektjahren. Dafür soll ein wissenschaftlicher Mitarbeiter über einen Zeitraum von 2,5 Jahren in Teilzeit (Hälfte der regelmäßigen Arbeitszeit einer Vollbeschäftigung) angestellt werden.

Im Vergleich zu konventionellen Forschungsvorhaben, wird hier ein langfristiges Projekt angelegt, das eine Weiterführung über mehrere Bearbeitergenerationen erfordert. Um das zu gewährleisten, werden alle Versuchsflächen in das dauerhafte Versuchsflächen Netzwerk der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten aufgenommen. Dadurch werden Folgeuntersuchungen auch noch nach vielen Jahren und in Übereinstimmung mit den Projektzielen mit einer soliden Datengrundlage unterfüttert, die letztlich die Nachvollziehbarkeit waldökologischer Prozesse und Zusammenhänge ermöglichen. Die dafür nötigen Routinen und Strukturen zum Datenmanagement werden von Mitarbeitern der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt etabliert und über den gesamten Projektzeitraum hinweg betreut. Das Langzeitexperiment ist damit als einzigartige Versuchsplattform zu verstehen, auf der kontinuierlich und zusätzlich zu den genannten Kernfragen weitere Fragen untersucht werden können. Diese sollen sich z.B. mit der Nutzung der Habitatbäume durch verschiedene taxonomische/funktionale Gruppen oder bestimmte Arten, den Einfluss der Habitatbäume auf die Verjüngung

und das Bestandesmikroklima, o.ä. befassen. Dazu werden zu einem späteren Zeitpunkt zusätzliche Projektmittel beantragt bzw. studentische Abschlussarbeiten durchgeführt.

Eigene Vorarbeiten und bisherige Aktivitäten

Das hier skizzierte Forschungsvorhaben ist ein Gemeinschaftsprojekt von Kooperationspartnern, die unter dem Dach der Sektion Waldbau im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA) die Idee zu dem Vorhaben unter Federführung der Professur für Waldbau entwickelt und ausgearbeitet haben. Daher gibt es vielfältige Vorarbeiten der unterschiedlichen Kooperationspartner.

An der **Professur für Waldbau der Universität Freiburg** werden seit vielen Jahren waldökologische und naturschutzfachliche Fragestellungen im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte untersucht. In Bezug auf das geplante Forschungsvorhaben sind insbesondere folgende Arbeiten mit Beteiligung der Arbeitsgruppe von Prof. Bauhus relevant:

- Beschreibung und Erfassung der strukturellen Diversität von Waldbeständen (McElhinny et al. 2005, Bäuerle et al. 2009, Storch et al. 2018),
- Erfassung von Mikrohabitatstrukturen und Vorhersage ihres Vorkommens anhand von Baum- und Bestandesattributen (z. B. Großmann et al. 2018, Asbeck et al. 2018)
- Theorie und Praxis des „Retention Forestry“ Ansatzes (Gustafsson et al. 2012, Lindenmayer et al. 2012),
- Analyse der Mortalitätsursachen von Bäumen langfristiger Versuchsflächen (Albrecht et al. 2012, Holzwarth et al. 2013),
- Dynamik und Funktion von Strukturelementen (z. B. Dendrothelmen, Totholz) in mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern (z.B. Gossner et al. 2016, Herrmann et al. 2015, Purahong et al. 2014),
- Waldbauliche Ansätze zur Integration der Strukturelemente alter Wälder in forstlich bewirtschaftete Bestände (z.B. Bauhus et al. 2009).

In unmittelbarem Zusammenhang mit dem hier skizzierten Projekt steht auch das Projekt INTEGRATE+. Im Rahmen dieses BMEL geförderten Demonstrationsprojekts hat die Professur für Waldbau in Kooperation mit dem European Forest Institute (EFI) Demonstrations- und Trainingsflächen etabliert, auf denen Praktiker und Studierende die ökologische Bewertung von Einzelbäumen anhand von Mikrohabitaten üben können.

Die **NW-FVA** ist zuständig für die angewandte forstliche Forschung in den Bundesländern Hessen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Das Sachgebiet Waldnaturschutz/Naturwaldforschung der NW-FVA erarbeitet wissenschaftlich abgesicherte Entscheidungshilfen für den Naturschutz im Wald. Es ist zudem für die Betreuung und Erforschung der Naturwaldreservate (NWR) in den vier Trägerländern der NW-FVA zuständig. Im Arbeitsbereich Waldnaturschutz außerhalb von Naturwäldern bildet die Frage nach zielorientierten Naturschutzkonzepten und der Überprüfung ihrer Wirksamkeit einen Arbeitsschwerpunkt (siehe hierzu z.B. Meyer und Schmidt 2008, Meyer et al. 2009, Meyer und Schmidt 2011, Schulze et al. 2014, Mölder et al. 2017). Derzeit werden Renaturierungsvorhaben von Waldmooren, ein Projekt zur Wiederbelebung der Mittelwaldwirtschaft, die Entwicklung der Gehölzstruktur in einem Hutewaldprojekt und die Wiederherstellung von Flechten-Kiefernwäldern wissenschaftlich begleitet. Darüber hinaus ist das Sachgebiet mit Fragen des FFH-Monitorings und –Managements befasst. Weiterführende vertiefende Forschungsarbeiten wurden im Rahmen von Drittmittelvorhaben durchgeführt, z. B. die Entwicklung eines Managementmoduls für Totholz im Forstbetrieb, die objektivierte Identifikation von Biodiversitätszentren im Wald oder die Bilanzierung und naturschutzfachliche Bewertung von Wäldern mit natürlicher Ent-

wicklung in Deutschland. In Bezug auf das geplante Forschungsvorhaben sind neben vielen anderen folgende Forschungsprojekte mit Beteiligung der Arbeitsgruppe von Dr. Meyer relevant:

- Dauerhafte Sicherung der Habitatkontinuität von Eichenwäldern (gefördert durch die DBU, Laufzeit 2015 – 2018)
- Identifizierung und Schutz von Waldbeständen mit vorrangiger Bedeutung für den Erhalt der Biodiversität (gefördert durch die DBU, Laufzeit 2012-2015)
- Entwicklung eines Managementmoduls für Totholz im Forstbetrieb (gefördert durch die DBU, Laufzeit 2005-2009)
- NWE5: Erhebung der Waldflächen mit natürlicher Entwicklung in Deutschland (gefördert durch das BfN / BMU, Laufzeit 2010-2013)

Arbeiten zur strukturellen Diversität von Wäldern bilden seit einigen Jahren auch einen Schwerpunkt der Arbeitsgruppe von Prof. Ammer an der **Uni Göttingen** (Seidel et al. 2015, Pretzsch et al. 2016, Ehbrecht et al. 2016 und 2017, Juchheim 2017). Im Rahmen der Biodiversitäts-Exploratorien der DFG führt die Arbeitsgruppe in den Jahren 2016/17 zudem in 150 Versuchsbeständen eine Erfassung von Mikrohabitaten in Anhalt an die vom EFI gegebenen methodischen Hinweise durch. Ziel der Untersuchung ist es einerseits die Beeinflussung von Art und Häufigkeit der Mikrohabitate in unterschiedlichen Altersphasen und bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten zu erfassen, als auch mögliche Zusammenhänge zwischen dem Vorhandensein von Mikrohabitaten und dem Vorkommen bzw. der Frequenz von Arten verschiedenen Taxa nachzugehen.

Die Expertise der **Professur für Waldbau der TU Dresden** weist sich im antragsrelevanten Fachbereich durch folgende Forschungsprojekte und Fachaussätze aus:

- Etablierung einer Methodik zur Erfassung räumlicher Wirkungen von Einzelbäumen auf Laufkäfer (Wehnert et al., 2010; Wagner et al., 2016).
- Räumliche Effekte von Starktotholz auf Mollusken (Strätz et al., 2009)
- Einzelbaumeffekte auf Oberbodenzustand (Schua et al., 2006) und Kronendurchlass (Frischbier & Wagner, 2015).
- räumlich explizite Modelle zur Samenausbreitung verschiedener Baumarten (Wagner, 1997; Stoyan & Wagner, 2001; Wagner et al., 2004; Wälder et al., 2009; Wagner et al., 2010)

Die **FVA Baden-Württemberg** entwickelte federführend ein Alt- und Totholzprogramm (AuT), das seit 2010 im Staatswald des Landes verbindlich umgesetzt wird und in anderen Waldbesitzarten und Bundesländern als wertvolle Orientierungshilfe gilt. Arbeiten und Projekte im Kontext des Themenfeldes Habitatbäume & Diversität waren und sind vor allem im Bereich der Abt. Waldnaturschutz der FVA angesiedelt, die auch die Bannwälder („Naturwald-Reservate“) des Landes betreut.

Über Expertise im antragsrelevanten Bereich verfügt auch die als Projektpartner vorgesehene Abt. Waldwachstum der FVA: aus der Tradition der Betreuung des Netzes langfristiger Versuchsflächen liegt hier institutionell gebündelt Fachwissen und Erfahrung im Umgang mit der (praktischen) Einrichtung und dem quantitativen Monitoring langfristig beobachteter Versuchsflächen vor (Lenk et al. 2014). In jüngerer Vergangenheit wurden folgende Arbeiten durchgeführt mit Relevanz für das beantragte Vorhaben:

- Modellierung komplexer Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und Sturmschäden auf der Basis breiter empirischer Datenbasen (Schmidt et al. 2010, Albrecht et al. 2012).
- Analyse der Einflüsse (vertikaler) Strukturvielfalt und Baumarten-Mischung auf die Entwicklungsdynamik in Fichten-Tannen-Mischwäldern auf der Basis längerfristiger Messzeitreihen (Danescu et al. 2016, 2017).

Alle oben aufgeführten Kooperationspartner engagieren sich gegenwärtig bei der Identifikation der für dieses Vorhaben notwendigen Versuchsflächen. Gemeinsam wurden bereits das Versuchsdesign und die Behandlungen festgelegt.

Quellen

Albrecht, A. T., Hanewinkel, M., Bauhus, J. and Kohnle, U. (2012) How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations. *European Journal of Forest Research* 131, 229-247.

Asbeck, T., Pyttel, P., Frey, J., Bauhus, J. (2018) Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. *Forest Ecology and Management* (accepted for publication).

Aubry, K. B.; Halpern, C. B.; Peterson, C. E. (2009). Variable-retention harvests in the Pacific Northwest: A review of short-term findings from the DEMO study. *Forest Ecology and Management*, 258(4), 398-408.

Bauhus, J., Puettmann, K. and Messier, C. (2009) Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258, 525-537

Bäuerle, H., Nothdurft, A., Kändler, G., Bauhus, J. (2009) Biodiversitätsmonitoring auf Basis von Stichproben. *Allg. Forst- u. Jagdzeitschrift* 180, 249-260

Bobiec, A.; Gutowski, J.M., Zub, K.; Pawlaczyk, P.; Laudenslayer, W. F. (2005): *The afterlife of a tree*. Warsaw: WWF Poland.

Bundesamt für Naturschutz (2016): *Daten zur Natur*. 162 S.

Carter, D. R.; Seymour, R. S.; Fraver, S.; Weiskittel, A. (2017): Reserve tree mortality in two expanding-gap silvicultural systems 20years after establishment in the Acadian forest of Maine, USA. *Forest Ecology and Management* 389: 149–157.

Danescu, A., Albrecht, A.T., Bauhus, J., 2016. Structural diversity promotes productivity of mixed, uneven-aged forests in southwestern Germany. *Oecologia* 182: 319-333.

Danescu, A., Albrecht, A.T., Bauhus, J., Kohnle, U., 2017. Geocentric alternatives to site index for modeling tree increment in uneven-aged mixed stands. *For.Ecol.Manag.* 392: 1-12.

Ehbrecht, M., Schall, P., Juchheim, J., Ammer, C., Seidel, D. (2016) Effective number of layers: a new measure for quantifying vertical stand structure based on terrestrial LiDAR. *Forest Ecology and Management* 380: 212–223.

Ehbrecht M, Schall P, Ammer C, Seidel D (2017) Quantifying stand structural complexity and its relationship with forest management, tree species diversity and microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology* 242: 1-9

Fedrowitz, K., Koricheva, J., Baker, S.C., Lindenmayer, D.B., Palik, B., Rosenvald, R., Beese, W., Franklin, J.F., Kouki, J., Macdonald, E., et al. (2014). Can retention forestry help conserve biodiversity? A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 51, 1669–1679.

ForstBW (Hrsg) (2015): *Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg*. Stuttgart.

Frischbier, N.; Wagner, S.; 2015: Detection, quantification and modelling of small-scale lateral translocation of throughfall in tree crowns of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Journal of Hydrology* (522) 228-238

- Gibbons, P., Cunningham, R. B., Lindenmayer, D. B. (2008). What factors influence the collapse of trees retained on logged sites? A case-control study. *Forest Ecology and Management* 255, 62-67.
- Gossner, M., Lade, P., Schober, A., Sichert, N., Kahl, T., Bauhus, J., Weisser, W., Petermann, J. (2016) Effects of management on aquatic tree-hole communities in temperate forests are mediated by detritus amount and water chemistry. *Journal of Animal Ecology* 85, 213-226.
- Großmann J., Schultze J., Bauhus J., Pyttel P. (2018) Predictors of microhabitat frequency and diversity in mixed mountain forests in south-western Germany. *Forests* 9, 104.
- Gustafsson, L.; Baker, S.C.; Bauhus, J. et al. (2012) Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: a World Perspective. *Bioscience* 62, 7, 633-645.
- Hessen-Forst (2012): Naturschutzleitlinie für den hessischen Staatswald. Hessen-Forst, Kassel, 93 S.
- Herrmann, S., Kahl, T., Bauhus, J. (2015) Decomposition dynamics of coarse woody debris of three important central European tree species. *Forest Ecosystems* 2, 27
- Holzwarth, F., Kahl, A., Bauhus, J., and Wirth, C. (2013) Many ways to die – partitioning tree mortality dynamics in a near natural mixed deciduous forest. *Journal of Ecology* 101: 220-230.
- Juchheim J, Ammer C, Schall P, Seidel D (2017) Canopy space filling rather than conventional measures of structural diversity explains productivity of beech stands. *Forest Ecology and Management* 395: 19-26
- Kraus, D., Krumm, F., 2013. Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity. European Forest Institute, Freiburg, Germany.
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., Winter, S., (2016): Katalog der Baumkrohabitate – Referenzliste für Feldaufnahmen. Integrate+ Technical Paper. 16 S.
- Larrieu, L., Cabanettes, A. (2012) Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech–fir forests. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1433-1445.
- Larrieu, L., Cabanettes, A., Goux, N., Burnel, L., Bouget, C., and Deconchat, M. (2017). Development over time of the tree-related microhabitat profile: the case of lowland beech–oak coppice-with-standards set-aside stands in France. *European Journal of Forest Research* 136, 37–49.
- Lenk, E., Ohnemus, K., Kohnle, U. (2014) Ladenhüter oder Schatzgrube? *Datenarchiv alter Versuche AFZ-Der Wald* 69, 9-11.
- Lindenmayer, D.B., J.F. Franklin, A. Löhmus, S.C. Baker, J. Bauhus, et al. (2012) A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters* 5(6): 421-431
- McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C., Bauhus, J. (2005) Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 218, 1-24
- Meyer, P., Schmidt, M. (2008): Aspekte der Biodiversität von Buchenwäldern – Konsequenzen für eine naturnahe Bewirtschaftung. *Beitr. Nordwestdt. Forstl. Versuchsanst.* 3, 159-192.
- Meyer, P., Schmidt, M., Spellmann, H. (2009): Wald-Naturschutzkonzept auf landschaftsökologischer Grundlage. Die „Hotspots-Strategie“. *AFZ/Der Wald* 10: 822-824.

- Meyer, P., Schmidt, M. (2011): Dead wood accumulation in abandoned beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in northwestern Germany. *Forest Ecology and Management*, 261, 342-352.
- Michel, A. K., & Winter, S. (2009) Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest, USA. *Forest Ecology and Management* 257: 1453-1464.
- Mölder, A., Schmidt, M., Meyer, P. (2017): Forest management, ecological continuity and bird protection in 19th century Germany: a systematic review. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 188: 37-56.
- Niedersächsische Landesforsten (2016): 25 Jahre ökologische Waldentwicklung in den Niedersächsischen Landesforsten. roco Druck, Wolfenbüttel, 87 S.
- Pretzsch H, del Río M, Schütze G, Ammer C, Annighöfer P, Avdagic A, Barbeito I, Bielak K, Brazaitis G, Coll L, Drössler L, Fabrika M, Forrester DI, Kurylyak V, Löf M, Lombardi F, Mohren F, Motta R, Pach M, Ponette Q, Sramek V, Sterba H, Stojanović D, Svoboda M, Verheyen K, Zlatanov T, Bravo-Oviedo A (2016): Mixing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) enhances structural heterogeneity, and the effect increases with humidity. *Forest Ecology and Management* 373: 149-166.
- Purahong, W., Kahl, T., Schloter, M., Bauhus, J., Buscot, F., Krüger, D. (2014) Comparing fungal richness and community composition in coarse woody debris in Central European beech forests under three types of management. *Mycological Progress* 13, 959-964
- Schmidt, M., Hanewinkel, M., Kändler, G., Kublin, E., Kohnle, U. (2010) An inventory-based approach for modeling single tree storm damage - experiences with the winter storm 1999 in southwestern Germany. *Can.J.For.Res.* 40, 1636-1652.
- Schua, K.; Fischer, H.; Lehmann, B.; Wagner, S.; 2007: Wirkungen einzelbaumweise eingemischter Trauben-Eichen (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) auf den Oberbodenzustand in Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris* L.). *Allgemeine Forst- u. Jagd-Zeitung* 178: 172-179
- Schultze, J., Gärtner, S., Bauhus, J. Meyer, P., Reif, A. (2014): Criteria to evaluate the conservation value of strictly protected forest reserves in Central Europe. *Biological Conservation*, 23, 3519-3542.
- Seidel D, Ammer C, Puettmann K J (2015) Describing forest canopy gaps efficiently, accurately, and objectively: new prospects through the use of terrestrial laser scanning. *Agricultural and Forest Meteorology* 213: 23–32.
- Storch F., Dormann C. F., Bauhus J. (2018) Quantifying forest structural diversity based on large-scale inventory data: a new approach to support biodiversity monitoring. *Forest Ecosystems* 5: 34
- Stoyan, D., Wagner, S. (2001) Estimating the fruit dispersion of anemochorous forest trees. *Ecological Modelling* 145: 35-47
- Strätz, C., Wagner, S., Müller, J. (2009) Räumliche Effekte von Totholzstrukturen bei Landschnecken (*Mollusca: Gastropoda*). *Forst und Holz* 64: 22-27
- Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F., & Gosselin, F. (2011). Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation* 144: 441-450.
- Wald und Holz NRW (2017): Xylobius Biotopholz als Quelle der Vielfalt. 62 S.
- Wälder, K., Näther, W., Wagner, S. (2009) Improving inverse model fitting in trees - Anisotropy, multiplicative effects, and Bayes estimation. *Ecological Modelling* (220) 1044-1053

Wagner, S., Wälder, K., Ribbens, E., Zeibig, A. (2004) Directionality in fruit dispersal models for anemochorous forest trees. *Ecological Modelling* (179) 487-498

Wagner, S., Herrmann, I., Dempe, S. (2010) Spatial optimization for dispersion of remnant trees in seed-tree cuttings and retention-tree stands of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* (25) 432-445

Wagner, S., Wehnert, A., Wong, K.Y., Stoyan, D., (2016) Discovering interaction between oaks and carabid beetles on a local scale by point pattern analysis. *iForest* (9) 618-625

Wehnert, A., Lehmann, B., Müller, M., Wagner, S., (2010) Wirkungen einzelbaumweise eingemischter Trauben-Eichen (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) in Wäldern der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) auf die Arthropodenfauna unter besonderer Berücksichtigung der Laufkäfer (Carabidae). *Allgemeine Forst- u. Jagd-Zeitung* (181) 133-143