

# BFW-Bericht 154/2025

## Projektbericht ReSynatWald – Forest Integrate Austria

GEORG FRANK  
NASTASJA HARNACK  
GEORG KINDERMANN  
GYULA KOVÁCS  
ECKART SENITZA  
HERFRIED STEINER

**BFW** BUNDES  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
FÜR WALD

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium  
Land- und Forstwirtschaft,  
Klima- und Umweltschutz,  
Regionen und Wasserwirtschaft

  
**LE 14-20**  
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer  
Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des  
ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in  
die ländlichen Gebiete.





# Projektbericht

## ReSynatWald – Forest Integrate Austria

Entwicklung eines **Referenzflächen-Systems**  
zur wissenschaftlichen Quantifizierung  
**naturnaher Waldbaumethoden**  
in Österreich

Autoren:  
Georg Frank  
Nastasja Harnack  
Georg Kindermann  
Gyula Kovács  
Eckart Senitza  
Herfried Steiner

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum  
für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

Institut für Waldbiodiversität & Naturschutz



## Impressum

### ISSN- 1013-0713

Die Abkürzung BFW und der Kurzname „Bundesforschungszentrum für Wald“ werden stellvertretend für den Langnamen „Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft“ verwendet.

#### PRESSERECHTLICH FÜR DEN INHALT VERANTWORTLICH:

Peter Mayer  
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft  
Seckendorff-Gudent-Weg 8  
1131 Wien, Österreich  
Tel. +43-1-87838 0

#### LAYOUT:

Gerald Schnabel

#### FOTOS:

Gyula Kovács, außer Seite 30 Alfred Stemberger und Seite 31 Herfried Steiner

#### BEZUGSQUELLE:

Bibliothek des BFW  
Tel. +43-1-87838 1216  
E-Mail: [bibliothek@bfw.gv.at](mailto:bibliothek@bfw.gv.at)  
<http://shop.bfw.ac.at>

#### ZITIERUNG:

Frank, G., Harnack, N., Kindermann, G., Kovács, Gy., Senitz, E. & Steiner, H. (2025): ReSynatWald – Forest Integrate Austria. Entwicklung eines Referenzflächen-Systems zur wissenschaftlichen Quantifizierung naturnaher Waldbaumethoden in Österreich. BFW-Bericht 154/2025, Wien. S.66, ISSN- 1013-0713

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>10</b>
<b>2. Zielsetzung des Projektes</b>	<b>11</b>
<b>3. Wesentliche Merkmale der naturnahen Waldwirtschaft</b>	<b>12</b>
3.1 Die Baumartenwahl orientiert sich an der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft	12
3.2 Die Ernte erfolgt nach baumindividuellen Reifekriterien und nicht kollektiv oder im Kahlschlag	12
3.3 Die Walderneuerung erfolgt über Naturverjüngung	13
3.4 Die Erhaltung und Förderung der waldspezifischen Biodiversität werden berücksichtigt	13
<b>4. Grundlagen</b>	<b>15</b>
4.1 Projektablauf	15
4.2 Beispielsbetriebe und Referenzflächen	15
4.2.1 Auswahl Beispielsbetriebe	15
4.2.2 Auswahl Referenzflächen	16
4.2.3 Kompatibilität mit dem österreichischen Naturwaldreservate-Programm	17
4.2.4 Kompatibilität mit Pro Silva Europa-Beispielsbetrieben und Association Futaie Irrégulière (AFI)	18
<b>5. Methodik</b>	<b>19</b>
5.1 Referenzflächen – Standort und Vegetation	19
5.2 Referenzflächen – Einrichtung eines dauerhaften Stichprobennetzes	19
5.2.1 Modul – Winkelzählprobe (WZP)	19
5.2.2 Modul – Bestandesstruktur (100 m <sup>2</sup> -Kreisfläche)	20
5.2.3 Modul – Totholz	20
5.2.4 Modul – Verjüngung und Verbiss	21
5.2.5 Modul – Habitatbaumkriterien	21
5.3 Referenzflächen – Ökonomische Datenaufzeichnung	22
5.4 Demonstrationsfläche – Einrichtung einer Fläche zur Praxisübung	25
5.5 Marteloscope – Einrichtung von Flächen für Auszeigeübungen	26
<b>6. Beispielsbetriebe</b>	<b>27</b>
<b>7. Referenzflächen</b>	<b>28</b>
<b>8. Demonstrationsflächen</b>	<b>30</b>
<b>9. Marteloscope und Auszeigeübungen</b>	<b>31</b>
<b>10. Bisherige Ergebnisse</b>	<b>32</b>
10.1 Dauer der Überführungsphase	32
10.2 Standorte, Waldgesellschaften und Vegetation	33
10.3 Baumartenzusammensetzung und -diversität	36
10.4 Entwicklung der Baumarten-Zusammensetzung der Referenzflächen	38
10.4.1 Licht- und Schattbaumarten im Dauerwald	38
10.5 Dauerwaldbewirtschaftung und Holzproduktion	40
10.5.1 Vorrat, Grundfläche und Zuwachs	40
10.5.2 Verjüngung	45
10.5.3 Struktur und Stabilität	48
10.5.4 Sortimente und Qualitäten	49
10.5.5 Ausblick auf ertragskundliche Fragestellungen	50
10.6 Dauerwaldbewirtschaftung und Betriebserfolg	51
10.6.1 Wirtschaftlichkeit	51
10.6.2 Verteilung der Kosten und Erlöse	52
10.6.3 Ausblick auf Fragestellungen zu Wirtschaftlichkeit und Betriebserfolg	53
10.7 Dauerwaldbewirtschaftung und Erhaltung der Biodiversität	53
10.7.1 Totholz	54
10.7.2 Habitatbäume	60
<b>11. Schlussbetrachtung</b>	<b>62</b>
<b>12. Literatur</b>	<b>65</b>

## Projektbericht

### ReSynatWald – Forest Integrate Austria

Entwicklung eines **Referenzflächen-Systems** zur wissenschaftlichen Quantifizierung **naturnaher Waldbaumethoden** in Österreich.

**Ein Forschungsprojekt des BFW in Kooperation mit Pro Silva Austria**, gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft.

Eingereicht am 18.11.2013. Genehmigung durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft mit Schreiben **LE.3.2.3/0013-IV/2/2013 – Vorhaben „ReSynatWald“** am 29.11.2013.

Eingereicht am 09.10.2018. Genehmigung durch das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus mit Schreiben **LE 14-20 / Antragsnr. 7.6.1c-III4-42/18 – Vorhaben „ReSynatWald 2.0 – Forest Integrate Austria“** am 21.02.2019.

Eingereicht am 26.01.2024. Genehmigung durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft mit Schreiben **LE 14-20 / Antragsnr. 7.6.1c-III3-71/24 – Vorhaben „Forest Integrate Austria – ReSynatWald 24-25“** am 27.05.2024.

#### **PUBLIZITÄTSNACHWEIS:**

„Forest Integrate Austria – ReSynatWald 24-25“ (LE 14-20 – 7.6.1c-III3-71/24).

# Projektbericht ReSynatWald – Forest Integrate Austria

## Entwicklung eines Referenzflächen-Systems zur wissenschaftlichen Quantifizierung naturnaher Waldbaumethoden in Österreich

GEORG FRANK  
NASTASJA HARNACK  
GEORG KINDERMANN  
GYULA KOVÁCS  
ECKART SENITZA  
HERFRIED STEINER

### KURZFASSUNG:

Das Projekt „ReSynatWald – Forest Integrate Austria“ (Referenzflächen-System zur wissenschaftlichen Quantifizierung naturnaher Waldbaumethoden in Österreich) ist das einzige wissenschaftliche Forschungsprojekt in Österreich, das sich seit mehr als einem Jahrzehnt mit der ökologischen und ökonomischen Untersuchung von Dauerwaldflächen befasst. Auf 18 Referenzflächen mit einer Größe von 2 bis 10 Hektar, die 21 Waldgesellschaften (Assoziationen) und fünf FFH-Lebensraumtypen abdecken, erfolgt die standardisierte Datenerhebung in Fünf-Jahres-Perioden. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Auswertungen zu Bestandesstruktur, Totholz, Habitatbaumkriterien, Verjüngung, Verbiss sowie Ertrag und ökonomischer Effizienz präsentiert.

Die ReSynatWald-Flächen dienen zudem als Best Practice-Beispiele und zeigen, wie sich Biodiversität, Struktur und Wirtschaftlichkeit vereinen lassen. Mit dieser Untersuchung entsteht eine wertvolle Wissensbasis für Waldbesitzer, Politik und Praxis – ein zukunftsfähiges Modell moderner, naturnaher Waldbewirtschaftung.

### SCHLÜSSELWORTE:

naturnaher Waldbau, Dauerwald, integrativer Naturschutz im Wald, Totholz, Habitatbaum, Biodiversität, Verjüngung, Verbiss, Deckungsbeitrag, Pro Silva Austria

### ABSTRACT:

*The ReSynatWald – Forest Integrate Austria project (Reference-Area system for scientific quantification of close-to-nature silviculture methods in Austria) is the only scientific research initiative in Austria that has been studying the ecological and economic aspects of continuous-cover forest areas for more than a decade. Standardized survey is carried out in five-year periods on 18 reference areas ranging in size from 2 to 10 hectares, covering 21 forest communities (associations) and five FFH-habitat types. This report presents the results of analyses on stand structure, deadwood, tree-related microhabitats, regeneration, browsing, as well as yield and economic efficiency.*

*The ReSynatWald areas also serve as examples of best practice and show how biodiversity, structure and profitability can be combined. This study creates a valuable knowledge base for forest owners, policymakers and practitioners – a sustainable model of modern, close-to-nature forest management.*

### KEYWORDS:

*close-to-nature silviculture, continuous cover forest, integrative forest management, dead wood, tree-related microhabitat, biodiversity, natural regeneration, browsing, contribution margin, Pro Silva Austria*



# Vorwort und Danksagung

Der vorliegende Projektbericht ist das Ergebnis und gleichzeitig der Beginn waldbaulicher Langzeitforschung. Die Grundintention dahinter ist die Entwicklung eines Referenzflächen-Systems zur wissenschaftlichen Quantifizierung naturnaher Waldbaumethoden in Österreich. Dazu ist die Einrichtung von langfristig nutzbaren Monitoring-Flächen unumgänglich. Das Projekt „ReSynatWald 2.0 – Forest Integrate Austria“ baut auf ein bereits 2013 bis 2016 durchgeführtes Projekt „ResynatWald“ auf. Das aktuell vorliegende Projekt ist nicht ein bloßes Folgeprojekt, sondern es wurden dadurch wiederholende Aufnahmen erst ermöglicht. Mit zunehmender Dauer des Bestandes der Referenzflächen und weiteren Wiederholungsaufnahmen kann erwartet werden, dass der Wert der Flächen sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen als auch als praktische Anschauungs- und Übungsobjekte steigen wird.

Initiiert wurde das Forschungsvorhaben durch viele Diskussionen mit dem Vorsitzenden von Pro Silva Austria, Eckart Senitza. Ihm sei für die vielen wertvollen Beiträge während der Projektentwicklung und -durchführung ganz besonders gedankt.

Für die wohlwollende Unterstützung und reibungslose administrative und finanzielle Projektabwicklung wird den befassten Mitarbeitern des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft sehr herzlich gedankt.

Die Realisierung war nur durch eine gute Zusammenarbeit, die fachliche und vertrauensvolle Unterstützung und das Interesse aller am Projekt beteiligten Personen möglich. Allen Personen und Institutionen, die das Projekt unterstützt haben, gilt unser herzlichster Dank!

Wir danken den Ingenieurbüros Forstbüro Reiterer und Büro Waldplan Senitza für die gute und zuverlässige Zusammenarbeit bei der Auswahl der Beispielsbetriebe, der Kontaktherstellung zu den Waldeigentümern und der folgenden Flächenvorbegutachtung.

Besonders hervorheben möchten wir die beteiligten Waldeigentümer:innen und -vertreter:innen: Cornelia Topf, Willibald Himmelbauer, Eckart Senitza, Albrecht Lodron, Matthias Leitgeb, Thomas Burtscher, Franz Puchegger, Georg Rößlhuber, Georg Geyer, Othmar Aichinger, Hannes Berger, Johannes Wohlmacher, Rainer und Wolfgang Göschl, Andreas Holzinger, Lutz Pickenpack, Christopher Fürweger, Anton Weiglhuber, Martin

Pollack, Christoph Lainer, Clemens Spörk sowie Günter Petrovitz, ohne deren Einverständnis und Unterstützung die Einrichtung der Best Practice-Beispielflächen naturgemäßer Waldwirtschaft nicht möglich gewesen wäre.

Herzlicher Dank für die gewissenhafte Durchführung der Felderhebungen gebührt Sophie Ette, Arnold Fritz, Martin Griessl, Nastasja Harnack, Sebastian Lipp, Christian Neureiter, Janine Oettel, Sarah Paterno, Markus Sallmannshofer, Julia Schachenhofer, Herfried Steiner und Alfred Stemberger.

Die Durchführung des Projektes wurde durch die BFW-Mitarbeiter Karl-Manfred Schweinzer (GIS-Betreuung) und Wolfgang Peraus (dendrochronologische Auswertungen) maßgeblich unterstützt.

Unser ganz besonderer Dank gilt dem Projektteam am Institut für Waldbiodiversität und Naturschutz des BFW: Nastasja Harnack, Gyula Kovács und Khatanbaatar Dashbat für die eigentliche Knochenarbeit als Projektmitarbeiter, Herfried Steiner für die auf reichem Wissen basierende standorts- und vegetationskundliche Bearbeitung, Georg Kindermann für die eingehende waldwachstumkundliche Beratung, Christian Neureiter für die umfangreichen Feldaufnahmen, Gerald Schnabel für die sorgfältige Layoutierung der Steckbriefe und der Berichte und Petra Locsmandy, die nicht nur die Dateneingabe gewissenhaft durchgeführt hat, sondern auch immer dafür gesorgt hat, dass die organisatorischen Rahmenbedingungen (Projektabrechnung) gestimmt haben. Allen Mitarbeiter:innen danke ich ganz besonders für die intensive Zusammenarbeit und das freundliche und motivierende Arbeitsklima.

Für das Projektteam: Georg Frank, Nastasja Harnack und Gyula Kovács

# 1. Einleitung

Der naturnahe Waldbau hat viele Facetten. Ein gemeinsames Merkmal ist die Orientierung der Baumartenwahl an der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft, auch wenn diese im Klimawandel Veränderungen unterworfen ist. Entscheidende weitere Merkmale sind zum einen die Pflege und Nutzung nach Kriterien, die sich auf den Einzelbaum und nicht auf das Bestandeskollektiv beziehen, und zum anderen eine auf Naturverjüngung basierende Walderneuerung. Letzteres, als „biologische Automation“ (Mayer 1984, Reininger 1992, 2000) bezeichnetes Kriterium, meint nichts anderes als eine Minimierung der Kosten der Waldverjüngung und der Jungbestandspflege. Teure Aufforstungen, nicht kostendeckende Pflegemaßnahmen und Durchforstungen werden obsolet. Zusätzliche Effekte sind eine höhere Stabilität ungleichaltriger und gestufter Bestände und geringere Risikokosten (Knoke et al. 2005). Die drei Kriterien sind in erster Linie auf wirtschaftlichen Erfolg ausgerichtet. Diesen messbar zu machen, ist eines der Ziele dieses Projektes. Darüber hinaus sollen aber auch die Auswirkungen dieser Form der Waldbewirtschaftung auf die Erhaltung der Biodiversität untersucht werden.

Die Begriffe naturnaher Waldbau bzw. naturnahe Waldwirtschaft werden in dieser Abhandlung synonym mit dem Begriff Dauerwald verwendet. Bezüglich der Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes wird auf die umfassende Darstellung von Thomasius (1996) verwiesen. Neuere umweltpolitische Entwicklungen von großer forstpolitischer Relevanz greifen die Idee des naturnahen Waldbaus „close-to-nature silviculture“ wieder auf (European Union 2023).

Der Begriff Dauerwald wurde 1922 vom Preußischen Oberforstmeister Alfred Möller (Möller 1922) geprägt. Es geht darum, den Wald nicht flächenweise kahl zu schlägern, um später mit großem Aufwand wieder aufzuforsten, sondern die Bäume einzeln oder gruppenweise zu ernten und die kostenlose Naturverjüngung zu nutzen. Außerdem sollen bei einer notwendigen Aufforstung die geeigneten Baumarten – nach Möglichkeit als Mischwald – genutzt werden.

Das Gegenmodell zum Dauerwald ist der schlagweise Hochwald, auch Altersklassenwald genannt. Hier wird im Kahlschlagverfahren geerntet und danach wieder aufgeforstet. Die einzelnen, homogenen Bestände mit gleich alten Bäumen werden zu Altersklassen, meist 20 Jahre, zusammengefasst. Alfred Möller selbst, der später das Amt des Direktors der Forstakademie Eberswalde

einnahm, bezeichnete den schlagweisen Hochwald als Holzackerbau.

1922 wurde von Alfred Möller ein Paradigmenwechsel in der Forstwirtschaft angestoßen, der die Bewirtschaftungsform des schlagweisen Hochwaldes komplett in Frage stellte. Er verstand den Wald als „lebendiges Wesen ewiger Dauer“ und definierte eine neuartige Form des Waldbaus, dessen Ziel es wäre, die höchstmögliche, möglichst sparsame und höchstwertige Erzeugung durch die optimale Ausnutzung der Erzeugungskräfte des Bodens und der Luft zu erreichen (Möller 1922): Der Grundstein für die Dauerwaldbewirtschaftung wurde gelegt. Was vor 100 Jahren mit dieser Idee und Überzeugung begann, resultiert heute in Österreich in dem eigenständigen Verein „Pro Silva Austria“ zur Förderung naturnaher Waldbewirtschaftung mit derzeit rund 500 Mitgliedern (Pro Silva Austria 2022). Die Grundmotivation ist im Großen und Ganzen dieselbe geblieben, jedoch verschärfen sich in Anbetracht der derzeitigen globalen Herausforderungen die Umstände: Die erwartete globale Erwärmung von 2,1 °C bis 3,4 °C bis zum Jahr 2100 (Dhakal et al. 2022) und die damit zusammenhängenden steigenden Kalamitäten sowie die neuen soziökonomischen Ansprüche an den Wald und seine Funktionen erfordern ein Umdenken und eine Anpassung der traditionellen Forstwirtschaft an diese neuen Aufgaben. Schutz-, Wohlfahrts- und Erholungsfunktionen des Waldes rücken immer mehr in den Vordergrund, während sich die reine Nutzfunktion des Waldes nicht mehr als das einzig erklärte Ziel eines Forstbetriebes bestehen bleiben kann (Louman et al. 2019).

Die Dauerwald-Idee schafft den Spagat zwischen ertragreicher Forstwirtschaft und essenziellen Waldfunktionen, indem sie sich als systemisches, ganzheitliches Konzept mit der Orientierung an der natürlichen Waldgesellschaft, der Bevorzugung der Naturverjüngung, der Berücksichtigung der Biodiversität und der baumindividuellen Ernte und Pflege anstatt flächiger Räumung als „naturnaher Waldbau“ definiert.

„So viel verschiedene Arten und Formen des Waldzustandes es gibt, [...] so viel verschiedene Dauerwaldbewirtschaftungsarten wird es geben von geringerer oder größerer Vollkommenheit, und ihre Vollkommenheit wird zu messen sein an dem Grade, mit welchem sie die jeweiligen Anforderungen an die Leistungen ihres Waldes erfüllen, ohne die Stetigkeit des Waldwesens zu unterbrechen.“ (Möller 1922)

## 2. Zielsetzung des Projektes

In Österreich gibt es im ungleichaltrigen, aus Naturverjüngung hervorgegangenen und meist aus mehreren Baumarten bestehenden Dauerwald keine systematisch angelegten und auf langfristige waldbauliche Untersuchungen ausgerichteten Forschungseinrichtungen - bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Institut für Waldbau, Dauerbeobachtungsflächen im Lehrforst der Forstschule Bruck; Praxis-Beobachtungsflächen des Landes Oberösterreich im Mühlviertel). Im Rahmen dieses Projektes sollen geeignete Referenzflächen identifiziert, eingerichtet und dokumentiert werden. Langfristig können diese Beispielflächen für Aus- und Weiterbildung genutzt werden (Exkursionen, Schulungen, Auszeigeübungen).

Ziel dieses Projektes ist es in erster Linie, die wirtschaftlichen Vorteile der naturnahen Waldwirtschaft zu untersuchen. Durch periodische Erhebungen der Wachstums- und Strukturparameter einerseits, aber auch durch laufende Aufzeichnungen der Aufwände und Erträge aus der Referenzfläche sollen die wirtschaftlichen Vorteile des Dauerwaldes dokumentiert werden. Durch den gewählten Ansatz von Langzeit-Dauerbeobachtungsflächen soll es aber langfristig auch möglich werden, Ökosystemleistungen der Referenzflächen zu erfassen und letztlich zu bewerten.

In seiner bisherigen Form ist der naturnahe Waldbau primär auf die bestmögliche Erfüllung der Nutzfunktion fokussiert, allenfalls unter Berücksichtigung der Schutzfunktion. Wirtschaftliche Kriterien stehen im Vordergrund, Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität werden bestenfalls wo möglich berücksichtigt, jedoch nicht als gleichwertiges Teil-Ziel der Waldbewirtschaftung im Sinne der Pan-Europäischen Kriterien für nachhaltige Waldbewirtschaftung (MCPFE - FOREST EUROPE) wahrgenommen.

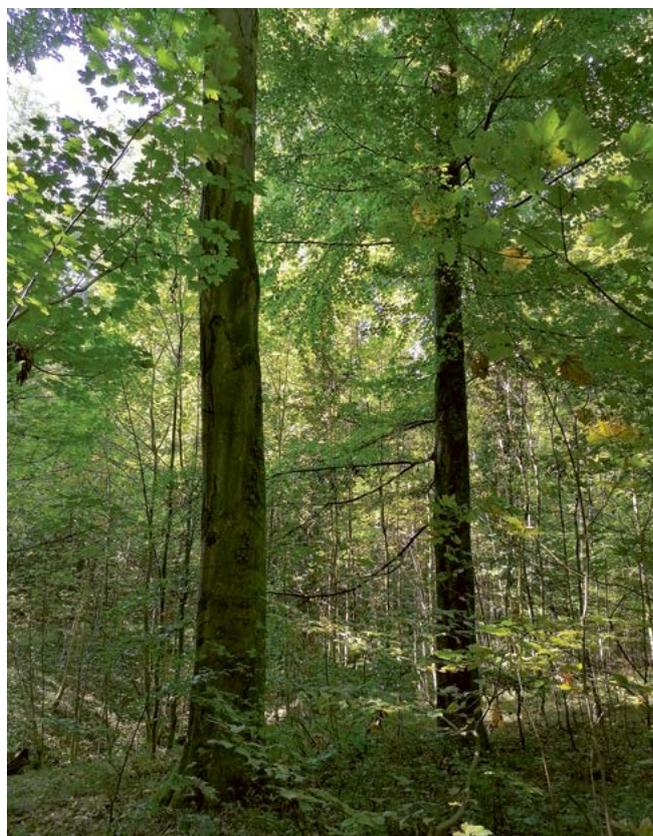
In Zukunft wird es immer wichtiger sein, integrative Naturschutzkonzepte in eine nachhaltige Waldwirtschaft einzugliedern. Es ist davon auszugehen, dass zukünftige Förderpolitiken verstärkt auf die Biodiversitätsziele der Europäischen Union ausgerichtet werden. Das Europäische Naturschutz-Programm Natura 2000 erlangt dabei eine zunehmende Bedeutung als zentrales Element der Implementierung dieser Ziele.

In der mitteleuropäischen Kulturlandschaft - insbesondere der zentraleuropäischen und alpinen Region - erscheint der von Naturschutzorganisationen geforderte segregative Ansatz (Ausweisung möglichst großer

Schutzgebiete - wilderness areas and large wild areas) als nicht erfolgsversprechend. Zu stark sind - besonders in der alpinen Region - Nutzungsansprüche und Nutzungsrechte auf kleiner Fläche verwoben, oftmals überlagert. Im Sinne einer multifunktionalen Nutzung müssen daher Aspekte der Biodiversitätserhaltung gezielt in ein nachhaltiges Waldbaukonzept integriert werden. Eine optimale Basis zur Verwirklichung bietet dafür der naturnahe Waldbau.

Vergleichbare Versuchsflächen (Hirschlacke Stift Schlägl, Sterba 2019) zeigen mit zunehmender Existenz einen enormen wissenschaftlichen Wertgewinn. Der Erfolg von Pilotprojekten wie beispielsweise das Bildungsprojekt Biodiversität Wald „Wir schau'n auf unsere Wälder“ zeigen, dass auch für Naturschützer ein enormer Bedarf an Referenz- und Demonstrationsflächen besteht: <https://www.biodiversitätsmonitoring.at/waelder>.

Die Grundintention des Projektes ist die Errichtung eines für alle Besitzkategorien und Wuchsgebiete repräsentativen Netzes von Best Practice-Beispielen, welche dem naturnahen Waldbau und dem integrativen Ansatz der Biodiversitätserhaltung gerecht werden. Die Kooperation mit Pro Silva Austria gewährleistet dabei die Langfristigkeit des Vorhabens und eine Einbindung der Waldeigentümer sowie die Akzeptanz durch die Praxis.



Referenzfläche St. Florian.

### 3. Wesentliche Merkmale der naturnahen Waldwirtschaft

#### 3.1 Die Baumartenwahl orientiert sich an der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft.

Durch den Klimawandel sind entscheidende Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung zu erwarten und finden bereits statt. Auch der naturnahe Waldbau muss dieser Tatsache Rechnung tragen. Der naturnahe Waldbau orientiert sich an der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft, möchte diese aber nicht kopieren oder als starres Korsett benutzen.

Unter potenzieller natürlicher Waldgesellschaft (PNWG) wird jene Zusammensetzung der Vegetation – in Wäldern einschließlich der Baumarten – verstanden, welche den zu einem bestimmten Zeitpunkt gegebenen Standortsbedingungen entsprechen würde (Tüxen 1956). Man geht dabei nicht von langfristigen Sukzessionen aus, sondern konstruiert die potenzielle natürliche Waldgesellschaft als jene Zusammensetzung der Vegetation, welche den gegebenen Standortsbedingungen aufgrund der Standortsansprüche ihrer Arten zu einem bestimmten Zeitpunkt am besten entspricht. Der Zeitpunkt, für den die potenzielle natürliche Waldgesellschaft bestimmt wird, ist in unserem Fall die Gegenwart. Der Ansatz der potenziell natürlichen Vegetation (Tüxen 1956, Kowarik 1987, Grabherr et al. 1998) ist aber auch geeignet, die Zusammensetzung der Vegetation für einen vergangenen Zeitpunkt, aber auch einen zukünftigen – mit geänderten Klimabedingungen – zu bestimmen. Es ist klar, dass auf diese Weise keine genauen Baumartenanteile, wie etwa in der Forsteinrichtung in Zehnteln üblich, definiert werden können (wenngleich dies in der Vergangenheit unter Fehlinterpretation und Missbrauch des ursprünglichen Konzeptes von Tüxen [1956] gemacht wurde. Vielmehr kann mit diesem Konzept nur festgestellt werden, welche Baumarten die Vegetation unter den gegebenen oder erwarteten (Klimawandel-)Standortsbedingungen dominieren würden oder beigemischt wären.

Die in diesem Projekt getroffenen Aussagen beziehen sich daher nur auf die relativ weit gefasste pflanzensoziologische Einheit der Assoziation, nicht aber auf differenziertere Sub-Assoziationen, weil für diese eine Aussage zu hypothetisch wäre. „Sich orientieren“ heißt nach unserem Verständnis, eben das Baumartenvorkommen und die grob gefasste Zusammensetzung der Baumarten der PNWG vor Augen zu haben, in dem Bewusstsein, dass die

Baumarten der PNWG den gegebenen Standortsbedingungen besser entsprechen, als Baumarten, die nicht der PNWG angehören. Dieser Ansatz lässt in der konkreten Waldbauarbeit auch einen gewissen Spielraum hinsichtlich der Mischungsanteile der Baumarten zu. Das gedankliche Konstrukt „Potenzielle Natürliche Waldgesellschaft, PNWG“ ist nur der Rahmen, in dem sich die Baumartenwahl abspielt. Der naturnahe Waldbau verschließt sich auch nicht generell der Wahl von Baumarten, die nicht der PNWG eines Standortes entsprechen, nur ist eben zu bedenken und abzuwägen, welche zusätzliche Risiken dadurch in Kauf genommen werden (Knoke et al. 2005). „Orientieren“ heißt nicht „kopieren“.

Der in der Praxis des naturnahen Waldbaus verwendete Begriff der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft PNWG steht nicht prinzipiell im Widerspruch zu aktuellen Bemühungen, die Vegetation bzw. die Baumarteneignung der Standorte der Zukunft zu modellieren und Szenarien zu entwickeln, z.B. durch die dynamische Waldtypisierung Steiermark (Englisch et al. 2019). Auch das zugrundeliegende hypothetische Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation pnV (Tüxen 1956) ist nicht nur statisch auf einen gegenwärtigen Zustand anwendbar, sondern es kann die gedanklich zu konstruierende potentielle natürliche Vegetation auf jeden beliebigen Zeitpunkt in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft angewendet werden. Im Unterschied dazu erfolgt dieser Vorgang bei der dynamischen Waldtypisierung nicht gedanklich, sondern es werden auf der Basis einer umfassenden Datengrundlage die Standortsbedingungen für zukünftige Zeitpunkte (bis Ende 21. Jahrhundert) modelliert und damit die Baumarteneignung auf den unterschiedlichen Waldstandorten abgeschätzt (Englisch et al. 2019). Dazu stehen heute Datengrundlagen und Instrumente zur Verfügung, welche auf empirischer Grundlage die Eigenschaften von Standorten und die Eignung von Baumarten dafür mehr oder weniger punktgenau ermöglichen, z.B. „Dynamische Waldtypisierung – FORSITE“ (Amt der Steiermärkischen Landesregierung 2022).

#### 3.2 Die Ernte erfolgt nach baumindividuellen Reifekriterien und nicht kollektiv oder im Kahlschlag.

Das Ergebnis des naturnahen Waldbaus muss nicht zwangsläufig der einzelstammweise genutzte Plenterwald als Idealform sein. Plenterwälder im traditionellen Sinn haben sich in dafür klimatisch und standörtlich bestgeeigneten Regionen über Generationen entwickelt (vgl. Schütz, 2003). In der Realität gibt es eine Vielzahl von Waldbeständen und Waldaufbauformen (Duchiron 2000, Puettmann et al. 2015, Mason et al. 2024), die entweder einer Übergangsphase zum Idealbild des Plenterwaldes

entsprechen oder eine differenzierte Form eines ungleichaltrigen, in der Baumartenzusammensetzung an der PNWG orientierten Waldes darstellen. Das entscheidende Merkmal ist die Pflege und Nutzung nach Kriterien, die sich auf den einzelnen Baum beziehen und nicht auf das Kollektiv (Sanchez 2017). Die Bezeichnung Dauerwald (Möller 1922) ist der Überbegriff dafür (vgl. Thomasius 1996). Auch der Mittelwald (Krissel & Müller 1989, Hochbichler 2008, Hochbichler et al. 2013), der sich über den Weg Versuch und Irrtum in Regionen, für die er aus klimatischen Gründen die bestgeeignete Betriebsart ist, herausgebildet hat, ist letztlich eine Form des Dauerwaldes wie der Plenterwald. Entscheidend ist die einzelstammindividuelle Nutzung, wobei es in diesem Zusammenhang unerheblich ist, ob die Nutzung einzeln oder in Gruppen erfolgt. Wesentlich ist, dass jeder Baum individuell nach bestimmten Qualitätsmaßstäben eine vom Standort abhängige Zielstärke (Reininger 1992, 2000) erreichen soll, nicht muss. Der wirtschaftliche Vorteil der einzelstammweisen Nutzung liegt einerseits in den geringeren Fällungs- und Bringungskosten pro Baum, andererseits im Lichtungs- und vor allem Wertzuwachs des ausgereiften Stammes. Derzeit sich abzeichnende Probleme mit der Vermarktung von Starkholz treffen nicht für die meisten Laubholzsortimente zu, da der Wert von Laubholzsortimenten immer noch mit dem Durchmesser zunimmt.

### 3.3 Die Walderneuerung erfolgt über Naturverjüngung.

Der naturnahe Waldbau bedient sich der kostenlosen Naturverjüngung und vermeidet teure manuelle Pflegeeingriffe in Jungbeständen dadurch, dass eine Strukturierung und Astreinigung unter differenziertem Schirm erfolgt. Dieses als „biologische Automation“ (Mayer 1984, Reininger 1992, 2000) beschriebene Merkmal meint nichts anderes als die Minimierung von Kosten der Aufforstung



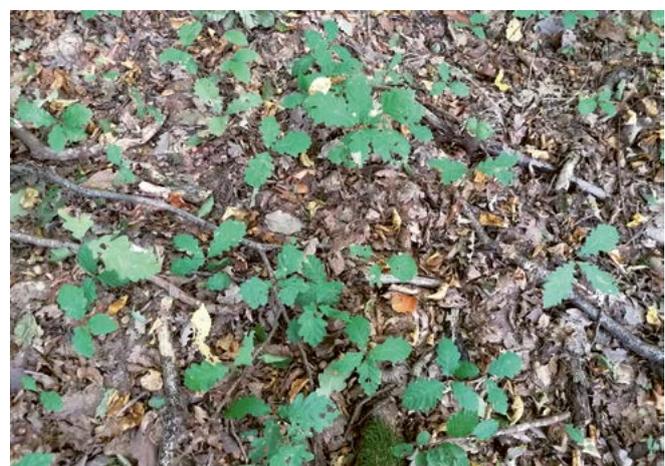
Mehrjährige Eichenverjüngung in der Referenzfläche Lainzer Tiergarten – Laaber Teil.

und Jungbestandspflege - im Idealfall betragen diese Null. Zusätzliche Effekte sind die höhere Stabilität ungleichaltriger und gestufter Bestände und die geringeren Risikokosten (Knoke et al. 2005). Eingeschränkt muss werden, dass nicht jeder Bestand für Naturverjüngung geeignet ist. Ungeeignete Baumarten oder ungeeignete genetische Provenienzen können ein derartiger Hinderungsgrund sein, sodass eine Umwandlung des Vorbestandes durch Räumung und Kultivierung erforderlich sein kann. In der Regel wird jedoch davon auszugehen sein, dass der Vorbestand bereits über Generationen einen Selektions- und Anpassungsprozess auf die standörtlichen Gegebenheiten durchlaufen hat und daher dem (heutigen) Standortspotenzial mit allen seinen Risiken entspricht.

In Hinblick auf Änderungen der Standorte durch den Klimawandel muss allerdings im Sinne einer dynamischen Betrachtung davon ausgegangen werden, dass es Baumarten gibt, die nach heutigem Ermessen auf bestimmten Standorten nicht mehr ihr volles Potenzial entfalten werden.

### 3.4 Die Erhaltung und Förderung der waldspezifischen Biodiversität werden berücksichtigt.

Die Erhaltung und Förderung der Biodiversität ist das vierte Merkmal naturnaher Waldwirtschaft. Selbst in der jüngeren Vergangenheit bis ca. 1990 waren Biodiversitätsaspekte keineswegs in den Zielsetzungen naturnaher Waldwirtschaft enthalten. Vielmehr war und ist nach wie vor die naturnahe Waldwirtschaft primär auf die Produktion möglichst fehlerfreier, ökonomisch definierter Wertholz-Sortimente ausgerichtet. Bäume mit aus ökonomischer Sicht unerwünschten Eigenschaften (Starkastigkeit, Zwieseligkeit, überdimensionierte Kronen, Faulstellen aufgrund von Holzfehlern etc.) – also genau jene Bäume, die aus der Sicht des Biodiversitätsschutzes möglichst



Einjährige Eichenverjüngung in der Referenzfläche St. Florian.

vielseitige Habitatstrukturen aufweisen – waren nicht das Produktionsziel und wurden im Gegenteil möglichst frühzeitig aus dem waldbaulichen Produktionsgeschehen ausgeschieden („das Schlechte fällt zuerst“).

Für den Projektpartner Pro Silva Austria ist die Erhaltung der biologischen Vielfalt von Waldökosystemen ein gleichrangiges Ziel neben der Verbesserung der Waldsubstanz, der Erhaltung der Gesundheit und Vitalität der Wälder, der Stärkung der Wirtschaftsleistung des Waldes, der Erhaltung von Schutz- und Wohlfahrtswirkungen und der Berücksichtigung kultureller und sozialer

Rahmenbedingungen (vgl. [www.ProSilvaAustria.at](http://www.ProSilvaAustria.at)). Die Grundsätze und Empfehlungen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung von Pro Silva Austria wurden der Struktur der sechs Pan-Europäischen Kriterien für nachhaltige Waldbewirtschaftung angepasst (vgl. Ministerkonferenz zum Schutze des Waldes in Europa, MCPFE – FOREST EUROPE).



Referenzfläche Sommereben.

## 4. Grundlagen

### 4.1 Projektablauf

Die Einrichtung eines Referenzflächen-Systems zur wissenschaftlichen Quantifizierung naturnaher Waldbauverfahren gliedert sich in zwei unmittelbar aufeinander aufbauende Projektteile: das Vor-Projekt „ReSynatWald“ (Laufzeit: 2013–2016) und das Folgeprojekt „ReSynatWald 2.0 – Forest Integrate Austria“ (2019–2022). Während im Vorprojekt 12 Flächen erhoben wurden, konnte das Netzwerk im Folgeprojekt auf 18 Flächen erweitert werden, wobei auf den 12 aus dem Vorprojekt bereits eine erste Wiederholungsaufnahme stattfinden konnte. Im Hinblick auf eine umfangreiche Datenbasis und der Abbildung von Veränderungen und Dynamiken ist es sinnvoll, alle Projektteile, die im Zusammenhang mit dem Referenzflächen-System stehen (bis jetzt und auch in Zukunft), gemeinsam zu betrachten und auszuwerten.

- Pro Silva Austria und Mitgliedsbetriebe stellen geeignete Referenzflächen zur Verfügung und integrieren diese in die praktische Waldbewirtschaftung nach Pro Silva Grundsätzen. Die Auswahl und Einbindung der Mitgliedsbetriebe sowie die Beschaffung und Aufbereitung von waldbaulichen, ökonomischen und ökologischen Kennzahlen auf Betriebsebene obliegt Pro Silva Austria in Zusammenarbeit mit dem BFW.
- Im Rahmen des Projektes werden Langzeit-Referenzflächen für naturnahe Waldwirtschaft eingerichtet. Das methodische Design und die Ersteinrichtung obliegen dem BFW in Zusammenarbeit mit Pro Silva Austria. Als Erhebungsintervall werden 5 Jahre festgelegt.
- Um langfristige Vergleiche sicherzustellen, muss die Kompatibilität mit Pro Silva Europa Vergleichsflächen Europa Association Futaie Irrégulière AFI (Susse et al. 2010) und den Monitoring-Einrichtungen des Österreichischen Naturwaldreservate-Programmes (Steiner et al. 2018) sichergestellt werden.
- Die Referenzflächen sollten als Teil von Pro Silva Beispielsbetrieben eingerichtet werden. Der Bezug zum Gesamtbetrieb soll hergestellt werden.
- Aus der Kenntnis der Waldentwicklung in den Referenzflächen sollen sowohl Empfehlungen für eine wirtschaftlich effiziente Waldbewirtschaftung entwickelt werden, als auch die relevanten Einflussgrößen für die Erhaltung der Biodiversität identifiziert und bestmögliche Maßnahmen abgeleitet werden.

- Langfristig sollen die eingerichteten Forschungsflächen als Beispielsflächen (Best-practice-Beispiele) für naturnahe Waldbewirtschaftung und für die Aus- und Weiterbildung genutzt werden (Exkursionen, Schulungen).

- Zusätzlich werden in Zusammenarbeit mit dem European Forest Institute (EFI) Trainingsflächen für Auszubereitungen („Marteloskope“ – Schuck et al. 2015a, b) eingerichtet, die im Lehrforst der Forstfachschule Traunkirchen liegen und so gut in den Lehr- und Lernbetrieb der FAST Traunkirchen des BFW sowie der Schule integriert werden können.

### 4.2 Beispielsbetriebe und Referenzflächen

Pro Silva Austria baut seit Beginn seines Bestehens ein Netz von Beispielsbetrieben auf. Diese sogenannten Leitbetriebe naturnaher Waldbewirtschaftung werden regelmäßig zum Ziel von Exkursionen und Regionaltagungen. Eine Datenerhebung waldbaulicher Kennzahlen erfolgt in den jeweiligen Betrieben und Exkursionsobjekten, aber anlassbezogen.

Es gibt bisher keine verbindlichen Kriterien für die Auswahl von Betrieben, wenngleich seit der Gründung von Pro Silva Austria mehrere Anläufe in Österreich, aber auch in Deutschland (ANW Arbeitsgemeinschaft naturgemäße Waldwirtschaft) und auf der europäischen Ebene von Pro Silva unternommen wurden.

Im Rahmen dieses Projektes werden nun erstmals Auswahlkriterien ökonomischer und ökologischer Natur vorgeschlagen, um detaillierte Informationen zu den Beispielsbetrieben generieren zu können.

#### 4.2.1 Auswahl Beispielsbetriebe

Folgende Auswahlkriterien für Beispielsbetriebe werden definiert:

- Die aktuelle Waldgesellschaft entspricht im Gesamtbetrieb überwiegend (>75%) der natürlichen Waldgesellschaft. Dies sollte zumindest auf Ebene der Baumarten zutreffen.
- Die Waldbewirtschaftung ist seit mehr als 10–20 Jahren auf dem überwiegenden Teil der Waldfläche (>75%) auf die Erzielung strukturierter, ungleichaltriger Bestände mit ausreichender Naturverjüngung ausgerichtet.
- Die Waldbewirtschaftung erfolgt orientiert am Standort und an der individuellen Hiebsreife der Einzelbäume.

- Die Bestände weisen keine eklatanten Pflegerückstände oder Bestandesschäden auf. Beim Vorhandensein von Jungwaldflächen sollte mindestens die Hälfte bereits im Dickungs- beziehungsweise Stangenholzalter sein.
- Die Verjüngung der natürlichen Hauptbaumarten, welche der potenziell natürlichen Vegetation entsprechen, ist ohne Verbiss-Einzelschutz oder Zäunung möglich. Die bestehende Verjüngung ist nur durch tolerablen Wildverbiss (maximal 10% Leittriebverbiss) der Nebenbaumarten belastet. Dieses Ziel wird zumindest konkret angestrebt.
- Die Waldbewirtschaftung beachtet ökologische Kriterien hinsichtlich der Lebensraumfunktionen und ist bemüht, Höhlen- bzw. Biotopbäume und andere Biodiversitätselemente sowie einen gewissen Totholzanteil im Wald zu erhalten.
- Der „Waldbewirtschafter“ handelt eigenverantwortlich und zielorientiert und zeichnet regelmäßig wirtschaftliche Eckdaten der Holzernte (Erlöse, Sorten, Mengen), der Waldpflege (Waldbaukosten) und des Managements (Verwaltungskosten) auf. Die Kriterien sind keine strengen Regeln, sondern dienen primär als Richtlinie. Im Einzelfall sind die Kriterien zu prüfen. Es besteht die Möglichkeit, dass nur einzelne Reviere oder Revierteile diesen Bedingungen entsprechen und nicht zwingend der gesamte Betrieb.

#### 4.2.2 Auswahl Referenzflächen

Das Ziel dieses Projektes ist das Studium und die langfristige Dokumentation der strukturellen und ökonomischen Entwicklung der Beispielflächen in den ausgewählten Betrieben. Der Fokus liegt hier auf der Beobachtung der Entwicklung unregelmäßiger Bestandesstrukturen. Die Untersuchungsflächen sind deshalb in Beständen

**TABELLE 1:** Struktur und Inhalt der Betriebsbeschreibungen (gesamter Beispielsbetrieb).

<b>Lage und Geografie</b>	Betriebsbezeichnung	
	Betriebsleitung	
	Eigentümer	
	Land	
	Lage	
	Gesamtgröße und Waldfläche	
	Personalausstattung	
<b>Standort</b>	Klima	Jahresniederschlag
		Mittlere Jahrestemperatur
	Boden und Topografie	
<b>Waldvegetation und Bestandesgeschichte</b>	Natürliche Waldgesellschaft	
	Waldtypen aktuell	
	Baumartenzusammensetzung aktuell	
	Bestandesgeschichte	
	Kalamitäten und Störungen	
	Naturnahe Bewirtschaftung	
	Anteil naturnahe Bestände	
	Anteil strukturierte Bestände	
<b>Technische Rahmenbedingungen</b>	Erschließung	
	Ernte und Rückung	
	Holzverkauf	
<b>Naturschutz und Biodiversität</b>		
<b>Jagd</b>	Bewirtschaftung	
	Wildstand-Wildschäden	

anzulegen, die sich bereits unregelmäßigen Bedingungen annähern, aber nicht zwingend bereits Plenterstrukturen aufweisen. In der Praxis überwiegen zwei- bis mehrschichtige, verjüngungsreiche und in der Oberschicht deutlich strukturierte bzw. zumindest hinsichtlich der Durchmesser deutlich differenzierte Bestände.

Der Waldbewirtschafter wird ersucht, Bestände vorzuschlagen, die in ihrer Struktur so unregelmäßig wie möglich sind. Die erforderliche Unregelmäßigkeit ist im Zusammenhang mit den Baumartenmischungen und mit der Altersspanne innerhalb des Bestandes und der Baumdimensionen zu sehen. Es ist zulässig, Abteilungen zu verwenden, welche gleichaltrige Bestandesteile enthalten oder in denen die Baumartenzusammensetzung nicht den Vorgaben entspricht, solange diese als „Enklaven“ kartografisch abgegrenzt und aus der Untersuchungsfläche ausgeschlossen werden können. Die Abteilung sollte insgesamt mindestens 5 ha umfassen, es können auch 2 Abteilungen gemeinsam betrachtet werden, solange sie die angeführten Kriterien erfüllen. Abteilungen sollten nicht größer als 15 ha sein, aufgrund von logistischen und zeitlichen Einschränkungen bzw. dem entstehenden höheren Zeitaufwand.

Die Referenzflächen sollten annähernd einem Standortstyp zuzuordnen sein. Auch hinsichtlich der Topografie (Exposition, Relief, Neigung) ist eine einigermaßen gegebene Einheitlichkeit sinnvoll, damit möglichst homogene Wachstumsbedingungen bestehen. Auch sollte dasselbe System zur Holzbringung an die Forststraße auf der ganzen Fläche anwendbar sein. Extreme Geländebrüche sollten vermieden werden und eingesprengte Sonderstandorte (z.B. Quellaustritte, Nassgallen) klar abgrenzbar sein.

Die in Frage kommenden Beispielsbetriebe werden auf die Eignung für die Einrichtung eines Bestandes als „Referenzfläche“ überprüft. Für diese im Detail zu untersuchenden Referenzflächen werden folgende Bedingungen definiert:

- Die Größe der Referenzfläche soll zwischen 5 und 15 ha liegen. Eine Mindestgröße von 5 ha ist jedenfalls anzustreben.
- Die Referenzfläche soll standörtlich möglichst einheitlich sein und zumindest nur einer potenziellen natürlichen Waldgesellschaft auf Assoziationsstufe angehören.
- Die Referenzfläche soll bezüglich ihres Alters, ihrer Baumartenzusammensetzung und Bestandesstruktur sowie ihrer Bestandesgeschichte möglichst homogen sein.

- Auf ökonomischer Ebene sollte für die gesamte Referenzfläche dieselbe Nutzungstechnik der Holzernte anwendbar sein. Flächen, die geländemäßig beispielsweise teilweise Schlepper befahrbar und teilweise im Seilgelände liegen, sind nach Möglichkeit nicht auszuwählen.
- Auf betrieblicher Ebene sollen die Flächen möglichst einer Bewirtschaftungseinheit zuordenbar sein. Es soll der Abgrenzung nach Abteilungen oder Teilflächen Vorrang vor ökologischen Kriterien wie dem Waldbild oder Bestandesstrukturen gegeben werden.
- Der Waldeigentümer und/oder der Waldbewirtschafter soll die Referenzfläche nach den Zielsetzungen des Dauerwalds bewirtschaften und ein Bekenntnis zu dieser Art von Waldbewirtschaftung über mindestens 10 Jahre zeigen und umsetzen.

Es ist evident, dass die geforderten Eignungskriterien die Akquisition von Referenzflächen schwierig machen. Knock-out-Kriterien gibt es nicht. Es ist bei der Festlegung und Abgrenzung der jeweiligen Referenzfläche an Ort und Stelle zu prüfen, inwiefern noch vertretbare, begründete Abstriche gemacht werden können, um das große Ganze eines Sets von Referenzflächen nicht zu gefährden.

#### **4.2.3 Kompatibilität mit dem österreichischen Naturwaldreservate-Programm**

Eine Abstimmung mit der Aufnahmemethodik des österreichischen Naturwaldreservate-Programmes (Frank & Müller 2003, Frank 2009) ist sicherzustellen, um Vergleiche mit nicht bewirtschafteten Waldflächen zu ermöglichen.

Die Ausarbeitung der „Richtlinien für die Felddata in Pro Silva Beispielsbeständen“ basiert auf der Grundlage der „Richtlinien für die Wiederholungsaufnahmen in Naturwaldreservaten“ (Steiner et al. 2018) und ist somit in den wesentlichen Erhebungsmerkmalen kompatibel.

Auch wenn es im Zuge dieses Projektes in erster Linie um die Bewirtschaftung von Beispielsflächen geht, so ist eine naturnahe Bewirtschaftung immer an die natürliche Bestandesentwicklung angelehnt (Naturverjüngung, Selbstdifferenzierung etc.). Die Naturwaldreservate bieten, in ihrer Entwicklung keinem forstlichen Bewirtschaftungseinfluss ausgesetzt, eine gute Vergleichsgrundlage, insbesondere beim Versuch der Rekonstruktion von Entwicklungsstadien der jeweiligen Bestände.

#### 4.2.4 Kompatibilität mit Pro Silva Europa-Beispielsbetrieben und Association Futaie Irrégulière (AFI)

Pro Silva ist eine eingeschriebene Dachorganisation aller Europäischen Pro Silva Mitgliedsstaaten mit Sitz in Truttenhausen, Elsass (FRA). Pro Silva Europa arbeitet eng mit der Association Futaie Irrégulière (AFI) zusammen.

Die Association Futaie Irrégulière (AFI) ist eine von Frankreich ausgehende Vereinigung, die 1991 von einer Gruppe von Forst-Experten und Waldeigentümern gegründet wurde, um auf Dauerwald ausgerichtete Waldbautechniken zu studieren und zu entwickeln. Die Vereinigung hat seither ein Netzwerk von Dauerbeobachtungsflächen etabliert, um bestmögliche Techniken nachhaltigen Waldmanagements zu entwickeln (Susse et al. 2011). Pro Silva Europa unterstützt diese Initiative formell und fördert eine Ausweitung des Netzes auf gesamteuropäischer Ebene.

AFI bearbeitet seit 1991 137 Referenzflächen (Stand: 2022) in ganz Europa. Der überwiegende Anteil liegt in Frankreich, aber auch in Luxemburg, Belgien, Deutschland,

Großbritannien und der Schweiz. Vor allem im Laubholz-Bereich kann auf ein umfassendes Know-how zurückgegriffen werden, da jede Fläche in einem fünf Jahreszyklus erneut ertragskundlich, ökonomisch und seit Anfang der 2000er auch ökologisch erhoben wird. So entstand eine breite Basis an Vergleichswerten (Grundfläche/ha, Stammzahl/ha, Qualitäten, Verjüngung, etc), Indikatoren zur Auswertung dynamischer Prozesse (Zuwachsraten, Totholz-Dynamiken, etc.) und Korrelationen von Management-Entscheidungen und Auswirkungen auf einen Bestand. Die Auswahl der AFI-Betriebe, die Etablierung und das Management der Referenzflächen sind durch ein sogenanntes „Protocol to set up a series of research stand plots in irregular stands“ geregelt und erste Ergebnisse wurden veröffentlicht (Susse et al. 2011).

Das gegenständliche Projekt nimmt Bezug auf diese Handlungsanleitung, erhebt aber Anspruch auf größtmögliche Eigenständigkeit. Es wird jedoch im Sinne der Vergleichbarkeit und fachlichen Zusammenarbeit auf eine höchstmögliche Kompatibilität geachtet. Gegebenenfalls können die generierten Daten unmittelbar in das AFI-Netz integriert werden.



Feuersalamander in der Referenzfläche Sommereben.

## 5. Methodik

Die Einrichtung von Beispielflächen, in diesem Projekt als „Referenzflächen“ bezeichnet, soll den jeweiligen Eigentümer:innen selbst als Grundlage für die Sichtbarmachung der Outputs naturnaher Waldwirtschaft dienen. Aus wissenschaftlicher Sicht wird durch die langfristige Dokumentation die Generierung dynamischer Parameter ermöglicht, welche Erkenntnisse wie den ökonomischen und ökologischen Wert der gewählten Bewirtschaftungsform ermitteln lassen. Für die langfristige Beobachtung und Dokumentation ist eine dementsprechend gut situierte Aufnahmeinfrastruktur in den jeweiligen Flächen zu installieren und diese auch regelmäßig zu warten (Frank et al. 2022).

Über die Referenzflächen wird, entsprechend ihrer Abgrenzung nach betrieblichen Kriterien wie beispielsweise wirtschaftlichen Einheiten (Abteilungen oder Teilflächen), ein systematisches Rasternetz aus fix markierten Aufnahme Punkten im Gelände gelegt. Diese Punkte dienen dann in weiterer Folge für die Generierung sämtlicher für die langfristige Beobachtung notwendiger Bestandesdaten. Im Zuge dieses Projektes wurde auf den Rasterpunkten eine Erstaufnahme durchgeführt und damit der Grundstein für die weitere Untersuchung gelegt. Um eine langfristige Entwicklung der Flächen dynamisch abbilden zu können, muss im Idealfall alle 5 Jahre nach der Einrichtung des Probeflächennetzes eine Wiederholungsaufnahme durchgeführt werden.

Da die Aufnahmen der Referenzflächen in Betrieben erfolgen, die sich zum naturnahen Waldbau bekennen, sind einerseits sowohl ökonomische, als auch ökologische Kriterien gleichermaßen ausschlaggebend für die Gesamtaussage und damit auch dementsprechend in die Aufnahmen zu integrieren. Mit den Feldaufnahmen wird somit die Grundlage für ein dauerhaft vorhandenes Informationssystem aus Referenzflächen geschaffen, das für die innerbetriebliche Wirtschaftsführung ebenso dient, wie auch nach außen hin zu Bildungszwecken in theoretischer und praktischer Weise.

Ein weiterer wichtiger Inhalt des Projektes ist die Bereitstellung von Bildungsgrundlagen. Im Zuge des vorliegenden Projektes wurden beispielhaft drei Marteloskop-Flächen nach der Anleitung des European Forest Institute (Schuck et al. 2015a, b; Derks et al. 2020) eingerichtet (Heuberger 2021). Auf diesen max. 1 ha großen Flächen wird der Bestand komplett koordinativ erhoben und kann für waldbauliche Auszeigebungen, aber auch für die Erfassung von Habitatmerkmalen genutzt werden.

Eine detaillierte Instruktion über die Vorgehensweise bei den Außenaufnahmen ist in der BFW-Dokumentation 27/2022 „Anleitung zur Erhebung von Referenzflächen naturnaher Waldbewirtschaftung“ (Frank et al. 2022) dargestellt.

### 5.1 Referenzflächen – Standort und Vegetation

Die Referenzflächen müssen hinsichtlich ihres Standortes exakt dokumentiert werden. Hierzu werden Vegetationsaufnahmen mit der Bestimmung aller auf der Fläche vorkommender Pflanzenarten durchgeführt. Auch die Bestimmung der Bodeneigenschaften, wie Bodenart etc., ist für die Charakterisierung von höchster Bedeutung. Im Schnitt sind 2-3 Vegetationsaufnahmen auf einer Referenzfläche notwendig.

Diese Aufnahmen werden an repräsentativen Stellen innerhalb der Flächen durchgeführt. Für alle Referenzflächen liegen Vegetationsaufnahmen und ausgearbeitete Vegetationstabellen vor. Die Erhebung der Vegetationsprobeflächen erfolgte nach der Methode Braun-Blanquet (1964).

Mittels der erhobenen Daten kann das Potenzial des Standortes ermittelt werden. Die aktuelle sowie die potenzielle natürliche Vegetation können abgeleitet werden. Als Rahmenbedingung für die Bewirtschaftung der Fläche ist die Orientierung an diesen Kriterien unbedingt einzuhalten.

### 5.2 Referenzflächen – Einrichtung eines dauerhaften Stichprobennetzes

Grundlage für die Erhebungen auf den Referenzflächen bildet ein Orthofoto der ausgewählten Bestände mit dem bereits eingetragenen systematischen Rasternetz inklusive Koordinaten und einer Nummerierung der Probeflächen. Die Größe der Flächen liegt im Schnitt bei 5-10 ha.

Die Anzahl der Probepunkte orientiert sich grundsätzlich an der Flächengröße, im Normalfall wird ein quadratisches Rasternetz von 50 x 50 m gewählt.

#### 5.2.1 Modul – Winkelzählprobe (WZP)

Die Winkelzählprobe ist eine sehr effiziente Methode, um grundflächenproportional Vorrats- und langfristig auch Zuwachsparemeter über die Referenzfläche zu erhalten. Es können bereits im Zuge der ersten Wiederholungsaufnahme wichtige Aussagen über die Dynamik der Referenzflächen abgeleitet werden. Da für zukünftig geplante Aufnahmen diese Kontinuität beibehalten werden soll, ist die Durchführung der WZP auf den Rasterpunkten obligat.



Stichprobenpunkt mit einem blau markierten Pflock und ein WZP-Baum mit der Nummer des Stichprobenpunktes in der Referenzfläche Hoher Stein. Unter der Nummer ist ein T-förmiger Riss auf der Rinde, der die Stelle der BHD-Messung und die Richtung des Mittelpunktes angibt.

Sollten andere Module im speziellen Fall nur sporadisch angewendet werden, ist die WZP als Basis der Datenerhebungen immer durchzuführen.

Neben Bestandesdaten werden auch ökologische Qualitätskriterien (Veteranenbäume, Höhlenbäume, Eignung als Habitatbaum) erhoben. Die Güteansprache am stehenden Stamm erfolgt nach den Qualitätskriterien nach Mahler et al. (2001). Diese entsprechen allerdings nicht den sortimentsweise angesprochenen Qualitätskriterien der Österreichischen Holzhandelsunion (Kooperationsplattform für Forst Holz Papier 2006).

### 5.2.2 Modul - Bestandesstruktur (100 m<sup>2</sup>-Kreisfläche)

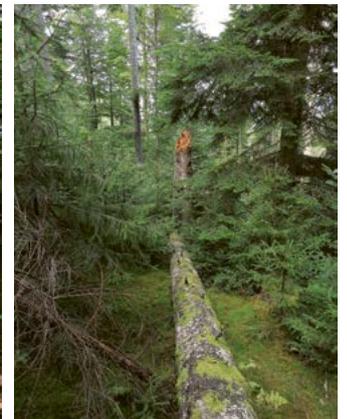
Bäume dokumentieren durch ihr jährliches (Dicken-) Wachstum sich zeitlich ändernde Wuchsbedingungen. Im Kollektiv lassen sie gleichzeitig Rückschlüsse über die künftige Entwicklung der Bestandesstruktur zu. Für diese Entwicklung maßgebend sind vor allem die jungen und schwachen Bestandesglieder, weshalb Daten zur Artenzusammensetzung und Altersstruktur dieser Gruppe von besonderem Interesse sind. Mit der Winkelzählprobe werden schwache Stämme nur in geringer Zahl erfasst, da

diese grundflächenproportional ist. Die 100 m<sup>2</sup>-Probeflächen sollen zusätzliche, genauere Informationen über die einwachsende, junge Bestandesschicht liefern. Da sich die Winkelzählprobe nicht auf eine Probefläche bezieht, sind Querverbindungen zu flächigen Erhebungsparametern problematisch. Diesem Umstand kann mit diesem Modul entgegengetreten werden, sodass die Möglichkeit besteht, Bestandesdaten mit Daten aus der Totholz-, Vegetations- oder Verjüngungserhebung in Beziehung zu bringen.

### 5.2.3 Modul - Totholz

Totholz ist das überragende Kennzeichen natürlicher Entwicklung und damit ein wichtiger Indikator für Naturnähe. Es bietet für eine Vielzahl an Organismen (Moose, Flechten, Pilze, Tiere), insbesondere selten gewordener Arten, Lebensraum und/oder Nahrung und bildet damit eine Schlüsselkomponente für die Biodiversität im Wald. Nicht nur die Quantität, sondern vor allem auch die Qualität (Stärkeklasse, Zersetzungsgrad, Baumart) ist für die Erfüllung seiner Funktion wesentlich und gibt Hinweise zur Dynamik der lebenden Bestandesschicht.

Um einen Vergleich mit unbewirtschafteten Wäldern gewährleisten zu können, erfolgt die Erhebung des Totholzes analog zu den Aufnahmen des österreichischen Naturwaldreservate-Programmes (Steiner et al. 2018).



Stehendes und liegendes Totholz in den Referenzflächen Buchau, Tamegger Wald, Lainzer Tiergarten - Laaber Teil und St. Georgen.

## 5.2.4 Modul – Verjüngung und Verbiss

Die Verjüngung und der Verbissgrad werden auf einer Satelliten-Stichprobe untersucht. Erhoben wird die Verjüngung bis 1,3 m Höhe. Jeder der Verjüngungskreise wird nach Deckung (verjüngungsgünstige bzw. verjüngungshemmende Faktoren) beurteilt. Die Erhebung der Verjüngung ist ein wichtiger Indikator für die Reproduktionsfähigkeit eines Bestandes. Durch langfristige Beobachtungen kann die Entwicklung der unterschiedlichen Baumarten, in Bezug auf Individuenreichtum, Höhenverteilung und Belastung durch Schalenwild verfolgt werden.



Die üppige Tannenverjüngung und die Höhe der Heidelbeere zeigt, dass der Verbissdruck in der Referenzfläche Erkaburger Taferl niedrig ist.



Markierter Habitatbaum in der Referenzfläche Sommereben zur Förderung der Biodiversität im Wald.

## 5.2.5 Modul – Habitatbaumkriterien

Bei Aufnahme der Bestandesstruktur werden bei den WZP-Bäumen die Habitatbaumkriterien (Tree-related microhabitats – TreM-Concept, Larrieu et al. 2018) angesprochen.

Pro Individuum können mehrere der Kriterien zutreffen. So kann beispielsweise ein Uraltbaum tote Kronenteile, Epiphyten und Risse in der Borke, die als Spaltenquartier dienen, aufweisen.

**TABELLE 2:** Habitatbaumkriterien (Larrieu et al. 2018) (vgl. Erhebungsmethodik des Naturwaldreservate-Programms – Steiner et al. 2018).

Code	Beschreibung	Code	Beschreibung	Code	Beschreibung
10	Faulstellen ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ )	40	Wucherung ( $\varnothing \geq 20\text{cm}$ )	100	Horstbäume ( $\varnothing \geq 50\text{cm}$ )
20	Pilz ( $\varnothing \geq 5\text{cm}$ )	51	Bohrloch rund ( $\varnothing \geq 1\text{cm}$ )	111	Höhlen ( $\varnothing < 10\text{cm}$ )
31	Stammepiphyten Moose $\geq 25\%$	52	Bohrloch oval ( $\varnothing \geq 1\text{cm}$ ) längs	112	Höhlen ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ )
32	Stammepiphyten Blatt- oder Strauchflechten	61	Saftfluss ( $\geq 50\text{cm}$ )	113	Fraßlöcher ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ )
33	Kletterpflanzen	62	Harzfluss ( $\geq 50\text{cm}$ )	121	Mulmhöhle mit Bodenkontakt ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ )
34	andere Gefäßpflanzen-epiphyten	70	Totholz ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ & $L \geq 50\text{cm}$ )	122	Mulmhöhle ohne Bodenkontakt ( $\varnothing \geq 10\text{cm}$ )
35	Kronenepiphyten Bartflechten	80	Spalten ( $L \geq 50\text{cm}$ & $T \geq 10\text{cm}$ )	140	Uraltbaum
36	Misteln	90	Rindentaschen ( $H \geq 10\text{cm}$ & $T \geq 10\text{cm}$ )		

### 5.3 Referenzflächen – Ökonomische Datenaufzeichnung

Um die Entwicklung der Referenzflächen auch in ökonomischer Hinsicht beobachten zu können, verpflichtet sich jeder Bewirtschafter und jede Bewirtschafterin, ökonomische Daten betreffend der Referenzfläche aufzuzeichnen.

Folgende ökonomische Kennwerte werden laufend aufgezeichnet (Frank et al. 2022):

#### Einnahmen

- Holzerlöse, Mengen, Sorten, Baumart
- andere Einkommen: Nebennutzungen, Jagd, Förderungen, etc.

#### Ausgaben

- Erntekosten: Kosten/Efm oder Stundenaufwand – Mann & Maschine
- Pflegekosten: Waldbau, Pflanzung, Astung, Läuterung – Stunden, Fremdleistungen
- Managementkosten: Auszeige, Kontrolle, Abmaß – Stundenaufwand
- Forstschutz und Jagd: Monitoring, Zäunung, Einzelschutz

- Investitionskosten (Erstellung des Wirtschaftsplanes, Planung und Bau der Infrastruktur) und Erhaltungskosten (z.B. Gebäude, Infrastruktur) – kalkulatorische Ansätze
- Überwachung und Kontrolle der Fläche – Stundenaufwand
- Naturschutzrelevante Maßnahmen: Biotopverbesserungsmaßnahmen, Maßnahmen auf Bestandesebene

Fixkosten für Verwaltung, Versicherungskosten, Grundsteuer und andere jährliche Kosten werden nicht berücksichtigt, da sie unabhängig von der Bewirtschaftungsart sind. Bei Bedarf können Referenzwerte aus dem forstökonomischen Monitoring des Testbetriebsnetzes über den österreichischen Großwald (Sekot et al. 2021, Sekot & Toscani 2019, Sekot & Toscani 2020) und Standardkostensätzen herangezogen werden.

Zur Erleichterung der Aufgabe der Bewirtschafter wurde ein Normformular zur Erfassung der ökonomischen Kennwerte entwickelt (Abbildung 1, 2). Die ökonomischen Daten werden pro ha und Jahr angegeben. Die ökonomische Dokumentation betrifft bewusst nur die Referenzfläche und nicht den ganzen Betrieb, sodass ein Deckungsbeitrag exklusiv für die nach Dauerwaldprinzipien bewirtschafteten Referenzflächen berechnet werden kann.



Referenzfläche Sonnenwald, nach 60 Jahren die älteste Dauerwald-Fläche.





## 5.4 Demonstrationsfläche – Einrichtung einer Fläche zur Praxisübung

Die Anlage einer Demonstrationsfläche erfolgt in Erhebung von Flächenteilen zu je 2500 m<sup>2</sup> (50 x 50 m). Diese Größe ist als Minimalgröße zu verstehen, die gegebenenfalls modularartig je nach Geländeform erweiterbar ist. Die Positionierung der Fläche muss daher so erfolgen, dass gegebenenfalls eine Erweiterung auf 1 ha - Größe gewährleistet ist.

Es werden alle Bäume ab BHD 10 cm koordinativ erfasst, mittels Nummerierung markiert und Einzelbaumdaten erfasst.

Demonstrationsflächen bieten ideale Ausgangsbedingungen für Auszeigeübungen, da eine exakte Datengrundlage vorhanden ist. Auch für Methodenvergleiche eignen sich die Flächen sehr gut.

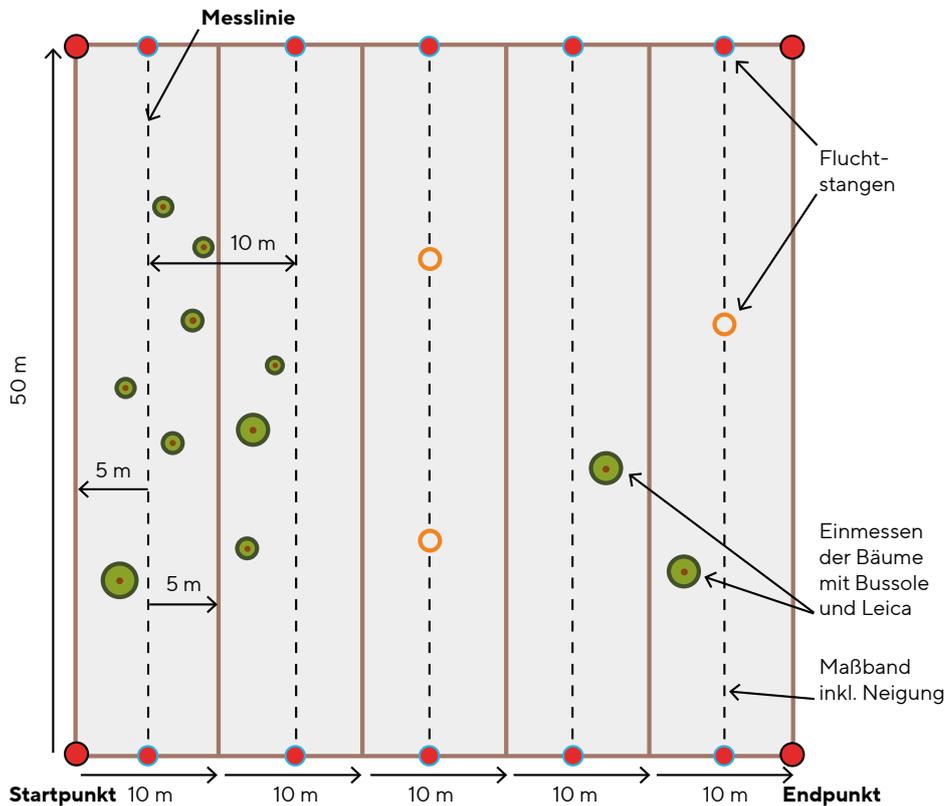


ABBILDUNG 3: Design der Anlage einer Demonstrationsfläche.



Referenzfläche Reichenfels.

## 5.5 Marteloskope – Einrichtung von Flächen für Auszeigeübungen

Unter einem Marteloskop versteht man eine Waldfläche, innerhalb derer alle Bäume (Kluppschwelle: 7,5 cm) koordinativ erfasst und mit ertragskundlichen, ökonomischen und ökologischen Parametern inventarisiert werden und welche mithilfe einer eigens dafür entwickelten Auswertungs- und Simulationssoftware (Schuck et al. 2015a) mit einer vorgegebenen Zielvorstellung bearbeitet wird. Dabei sollen waldbauliche Eingriffe simuliert und deren Auswirkungen auf den Bestand direkt vor Ort sichtbar gemacht werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Übung waldbaulicher Entscheidungen und der Integration von Biodiversitätsaspekten in die Waldbewirtschaftung.

Die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen individueller Auszeigeentscheidungen für den Bestand können dann direkt im Anschluss in der Gruppe objektiv diskutiert werden: Zu welchem Bestandesbild führte die eigene Strategie? Welcher ökonomische Wert konnte generiert werden? Wie viel ökologischer Wert (ausgedrückt durch Habitatstrukturen) konnte erhalten werden? Wie unterscheidet sich die eine Strategie von einer anderen? Können sogenannte „Konfliktbäume“ (hoher ökologischer und ökonomischer Wert) identifiziert werden? (Schuck et al. 2015a) Die Einrichtung im Zuge dieses Projekts orientierte sich an der Anleitung des Integrate+ Networks des European Forest Institute (Derks et al. 2020), welche für bereits 173 Flächen in ganz Europa als Grundlage dient.

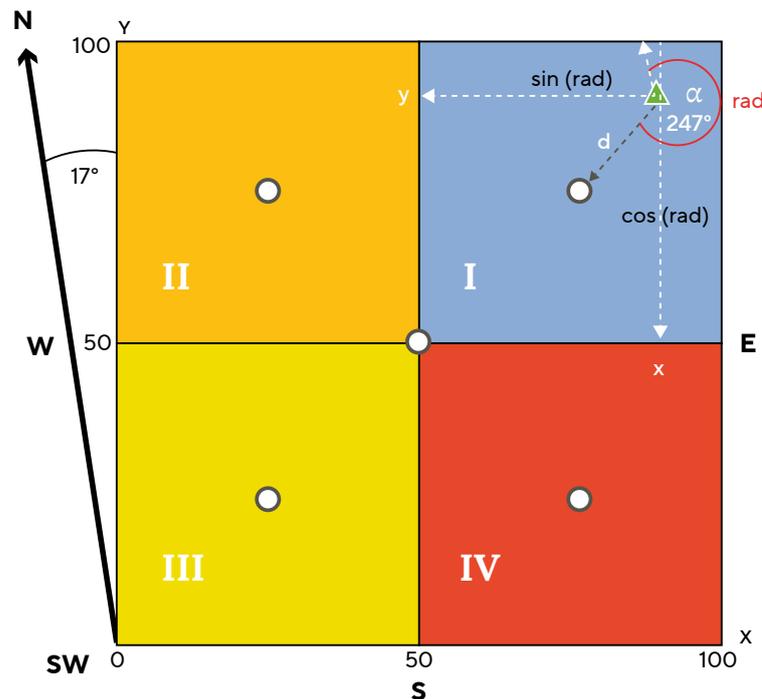
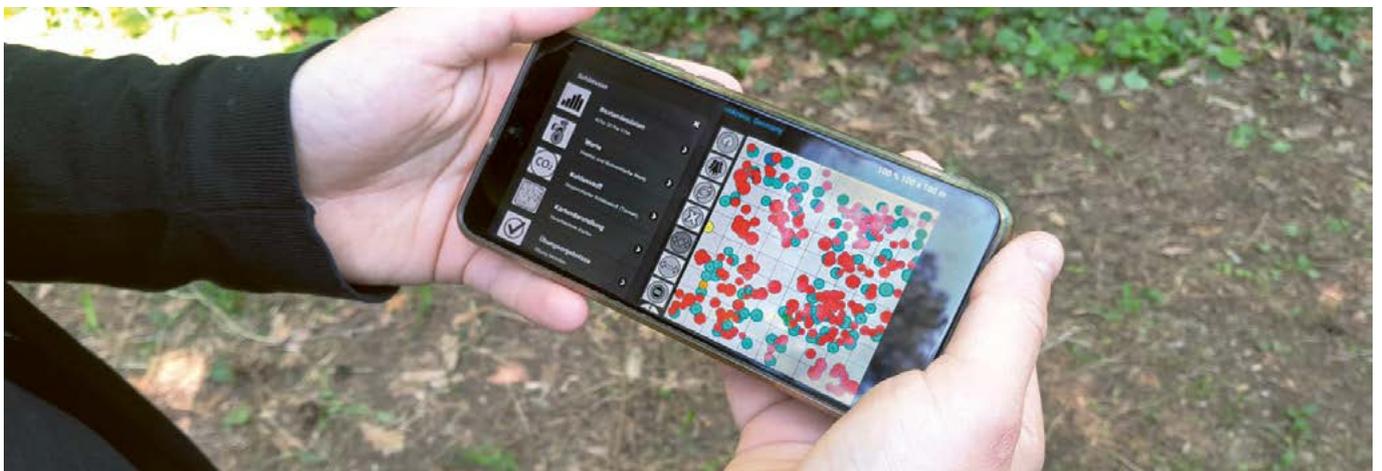


ABBILDUNG 4: Design der Anlage eines Marteloskops (Schuck 2015b).



I+ Trainer Software für die Durchführung von Übungen an den Marteloskopstandorten auf einem Mobiltelefon.

## 6. Beispielsbetriebe

Pro Silva Austria ist seit seiner Gründung 1992 bestrebt, ein Netzwerk von Beispielsbetrieben aufzubauen. Diese sollen langfristig alle Bundesländer, Wuchsgebiete, Waldtypen und Besitzkategorien repräsentativ abdecken.

Neben Großbetrieben, die seit Jahrzehnten nach den Pro Silva Prinzipien arbeiten, gibt es auch eine Reihe von bäuerlichen Waldbetrieben, welche oftmals von sich aus zu denselben innovativen Ansätzen gelangten.

### Übersichtskarte Referenzflächen und Beispielbetriebe

Entwicklung eines Referenzflächen-Systems zur wissenschaftlichen Qualifizierung naturnaher Waldbaumethoden in Österreich

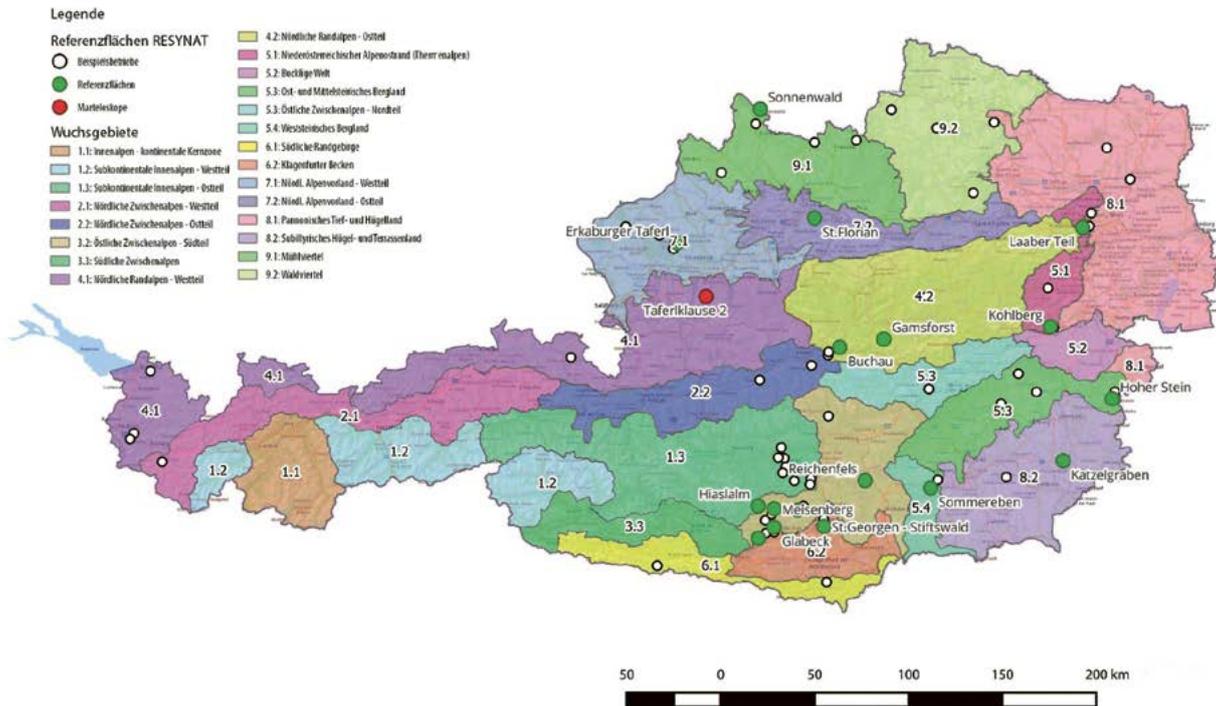


ABBILDUNG 5: Verteilung der Pro Silva Austria-Beispielsbetriebe und der 18 Referenzflächen sowie der Marteloskopie.



Referenzfläche Tamegger Wald.

## 7. Referenzflächen

Eine Kooperationsvereinbarung regelt die Zusammenarbeit von Pro Silva mit den einzelnen Beispielsbetrieben. Vom Waldeigentümer und von der Waldeigentümerin wird die Erlaubnis zur Durchführung von wissenschaftlichen Erhebungen durch das BFW erteilt. Weiterhin verpflichtet sich diese zu einer regelmäßigen (jährlichen) Aufzeichnung der ökonomischen Kennzahlen (Kosten und Erträge), sowie zur Meldung weiterer Ereignisse (Verkauf der Fläche sowie Details zu den Erhebungen). Die Messdaten gehören dem Eigentümer der Fläche, der diese Pro Silva Austria und dem BFW zur Auswertung zu Verfügung stellt. Es wird ein periodisches Monitoring im 5-Jahres-Rhythmus angestrebt und eine Weiterführung des Projektes auf mindestens 10 Jahre vereinbart.

Der Vertrag wird auf unbefristete Zeit abgeschlossen. Die langfristige Projektplanung sieht gemäß der vereinbarten Erhebungsintervalle - ökonomische Aufzeichnungen jährlich durch den Waldeigentümer und ertragskundlich-ökologische Aufzeichnungen alle 5 Jahre durch methodisch geschultes Personal - einen periodisch hohen personellen Ressourcenbedarf vor. Werden jedoch die Aufzeichnungen konsequent fortgeführt, ist ein exponentiell steigender Informationsgehalt zu erwarten.

In folgenden Beispielsbetrieben wurden im Zuge des Vor-Projektes ReSynatWald Referenzflächen 2015-2016 eingerichtet und im Zuge des Folge-Projektes wiederholt aufgenommen:

- **Reichenfels** - Forstbetrieb Reichenfels GmbH
- **Salles** - Gut Poitschach
- **Grilzgraben** - Lodron'sche Forstverwaltung
- **Hiaslalm** - Biohof Hiasl
- **Kohlberg** - Forstbetrieb Burtscher
- **Tamegger Wald** - Bistum Gurk
- **St. Florian** - Forstbetrieb Stift St. Florian
- **St. Georgen** - Bistum Gurk
- **Lainzer Tierarten - Laaber Teil** - Forstbetrieb Stadt Wien MA 49
- **Sonnenwald** - Forstbetrieb Stift Schlägl
- **Meisenberg I** - Wernighube
- **Meisenberg II** - Wernighube

Folgende Referenzflächen wurden im Zuge des Folge-Projektes ReSynatWald 2.0 – Forest Integrate 2020-2021 neu eingerichtet:

- **Sommereben** - Forstbetrieb Ligist des Souveränen Malteser-Ritterorden
- **Katzelgraben** - Forstbetrieb Ligist des Souveränen Malteser-Ritterorden
- **Hoher Stein** - Forstbetrieb Esterhazy-Lockenhaus
- **Buchau** - Steiermärkische Landesforste
- **Gamsforst** - Forstbetrieb Göschl
- **Erkaberger Taferl** - Forstbetrieb Redltal



Referenzfläche Gamsforst.

TABELLE 3: Übersicht über die Referenzflächen (Stand: 2022).

Wuchsgebiet	Seehöhe (m)	Bundesland	Name	Eigentumsart	PNW	Flächengröße (Stichprobenanzahl)	Einrichtungsjahr	Aufnahmen
1.3	1460-1570	Kärnten	Hiaslalm	Kleinwald	Alpenlattich-Fichtenwald	9,06 ha (16)	2015	2
3.2	1140-1260	Kärnten	Grilzgraben	Forstbetrieb	Wollreitgras-Buchenwald	5,09 ha (19)	2015	2
	1000-1040	Kärnten	Meisenberg I + II	Kleinwald	Hainsimsen-Fichten-Tannenwald	I: 4,5 ha (12)	2015	2
	1260-1340	Kärnten	Reichenfels	Forstbetrieb	Alpenlattich-Fichtenwald	7,2 ha (20)	2015	2
	880-930	Kärnten	Salles	Forstbetrieb	Hainsimsen Fichten-Tannen-Buchenwald	5,03 ha (17)	2015	2
	870-950	Kärnten	Tamegger Wald	Kirchenwald	Hainsimsen Fichten-Tannen-Buchenwald	7,2 ha (15)	2015	2
4.2	860-900	Steiermark	Buchau	Landesbetrieb	Karbonat-Fichten-Tannen-Buchenwald	3,8 ha (15)	2021	1
	780-840	Steiermark	Gamsforst	Forstbetrieb	Fichten-Tannenwald, Fi	9,16 ha (14)	2021	1
5.1	640-710	Nieder-österreich	Kohlberg	Forstbetrieb	Hainsimsen-Tannen-Buchenwald, Eichenwald	9,65 ha (28)	2016	2
	340-390	Wien	Laaber Teil	Landesbetrieb	Waldmeister-Buchenwald	7,1 ha (16)	2016	2
5.3	580-640	Burgenland	Hoher Stein	Forstbetrieb	Bingelkraut-Buchenwald	7,09 ha (21)	2021	1
5.4	960-1000	Steiermark	Sommer-eben	Kirchenwald	Hainsimsen-Fichten-Tannen-Buchenwald	8,85 ha (19)	2020	1
6.2	640-700	Kärnten	St. Georgen	Kirchenwald	Waldmeister-Buchenwald	6,15 ha (15)	2016	2
7.1	660-690	Ober-österreich	Erkaburger Taferl	Forstbetrieb	Hainsimsen-Tannen-Buchenwald	6,83 ha (16)	2020	1
7.2	290-330	Ober-österreich	St. Florian	Kirchenwald	Waldmeister-Buchenwald	4,42 ha (20)	2015	2
8.2	290-310	Steiermark	Katzel-graben	Kirchenwald	Wachtelweizen-Buchenwald	5,11 ha (19)	2020	1
9.1	760-800	Ober-österreich	Sonnenwald	Kirchenwald	Wollreitgras-Fichten-Tannen-Buchenwald	8,93 ha (20)	2015	2

## 8. Demonstrationsflächen

Innerhalb der Referenzfläche „Reichenfels“ wurde im Zuge der Aufnahmen auch eine Fläche von 1 ha als Demonstrationsfläche eingerichtet. Jeder Baum mit BHD  $\geq 10$  cm wurde mit Koordinaten eingemessen, nummeriert und die BHD-Messstelle dauerhaft markiert. Am Einzelbaum wurden neben BHD, Höhe, Kronenansatz und Kronenradien, noch Schaftgüte, Kraft'sche Klasse sowie Habitatbaumkriterien angesprochen.

Diese Fläche kann vom Waldeigentümer für Veranstaltungen mit praktischem Hintergrund verwendet werden. Durch die Vollaufnahme ist eine exakte Berechnung von Bestandesdaten möglich. Somit können im Zuge von Auszeigebungen die jeweiligen Maßnahmen in Zahlen gefasst dargestellt werden. Die Demonstrationsfläche eignet sich weiters für Methodenvergleiche, wie beispielsweise zur Bestimmung der Genauigkeit von Stichprobenverfahren.



ABBILDUNG 6: Demonstrationsfläche Reichenfels.

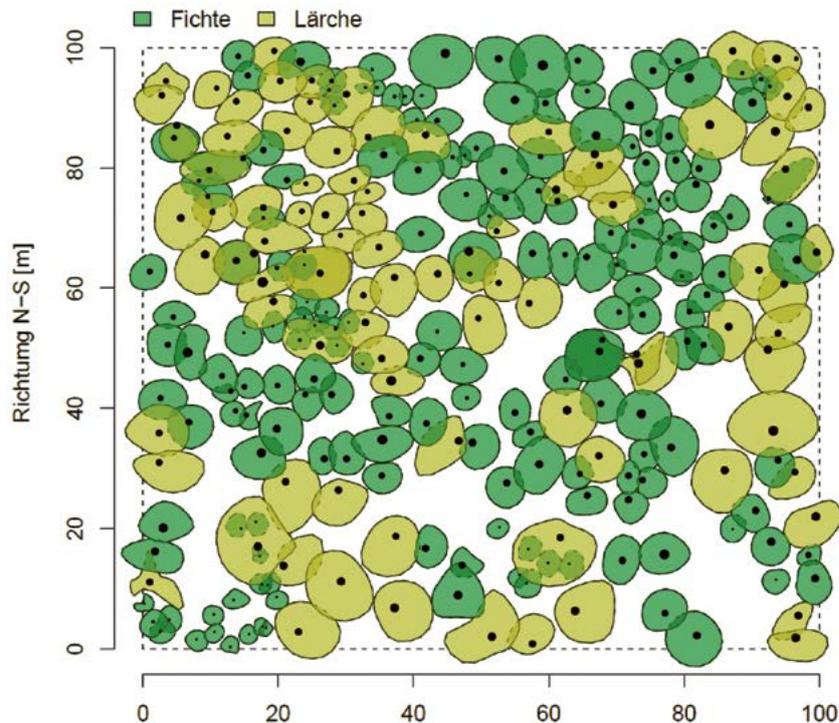


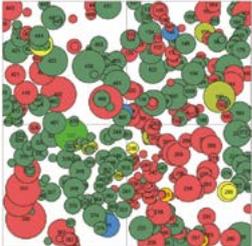
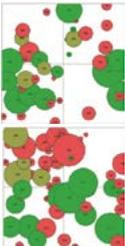
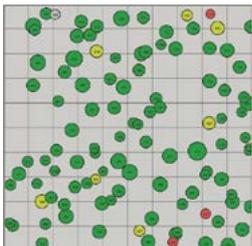
ABBILDUNG 7: Lage der Baumindividuen auf der Demonstrationsfläche

## 9. Marteloskope und Auszeigebungen

Im Mai 2021 wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Waldcampus Traunkirchen in Oberösterreich im Bereich des Lehrforstes drei Marteloskope eingerichtet (Heuberger 2021). Es wurden drei Bestände in verschiedenen Entwicklungsstadien und Baumartenzusammensetzungen ausgewählt, wobei wegen des stark strukturierten Grobreliefs des Lehrforstes die generell für Marteloskope angestrebte Größe von 1 ha (Schuck et al. 2015b) auf keiner Fläche erreicht werden konnte. Dies lag vor allem daran, dass die geforderte quadratische Form des Marteloskops im unruhigen Gelände in dieser Größe nicht erfüllt werden konnte. Der Hauptfokus bei der Flächenauswahl lag vor allem auf einer leichten Erreichbarkeit, einer möglichst gleichförmigen Bestandesstruktur und einem kosteneffizienten Erhebungsaufwand.

Im Rahmen von Schulungen und Exkursionen können diese Flächen nun als Trainingsgegenstand waldbaulicher Entscheidungsfindung dienen (Harnack 2022). Mögliche Übungen unterscheiden sich in ihrer Zielsetzung und sollten dem Wissensstand der Teilnehmer angepasst werden. So können sie entsprechend den Bewirtschaftungszielen, Standortgegebenheiten, örtlichen Herausforderungen (Naturschutz, Erholung, Schutzwald etc.) angepasst werden. Im Rahmen der forstlichen Ausbildung werden die Flächen am Waldcampus regelmäßig von unterschiedlichsten Gruppen genutzt.

**TABELLE 4:** Übersicht Marteloskop-Flächen im Jahr 2021 mit Baumverteilung nach Art und Durchmesser (Screenshots aus der Integrate+-App, genauere Bestandesbeschreibungen: <http://iplus.efi.int/marteloskopes-data.html>).

	Wuchsgebiet	Seehöhe	PNW	Eigentumsart	Flächengröße	Bestandesbeschreibung
Taferlklausen 1	4.1	780m	Nordalpischer Karbonat-Fi-Ta-Bu-Wald	ÖBF	0,25 ha	Fi-Ta-Bu Mischbestand, kürzlich durchforstet
						
Auerach	4.1	830m	Waldmeister-Fi-Ta-Bu-Wald mit Übergang zum Nordalp. Karbonat-Fi-Ta-BuW	ÖBF	0,18 ha	Fi-Ta-Bu Altbestand, Naturschutz-Fläche
						
Taferlklausen	4.1	810m	Nordalpischer Karbonat-Fi-Ta-Bu-Wald	ÖBF	0,04 ha	undurchforstetes Fi-Stangenholz
						

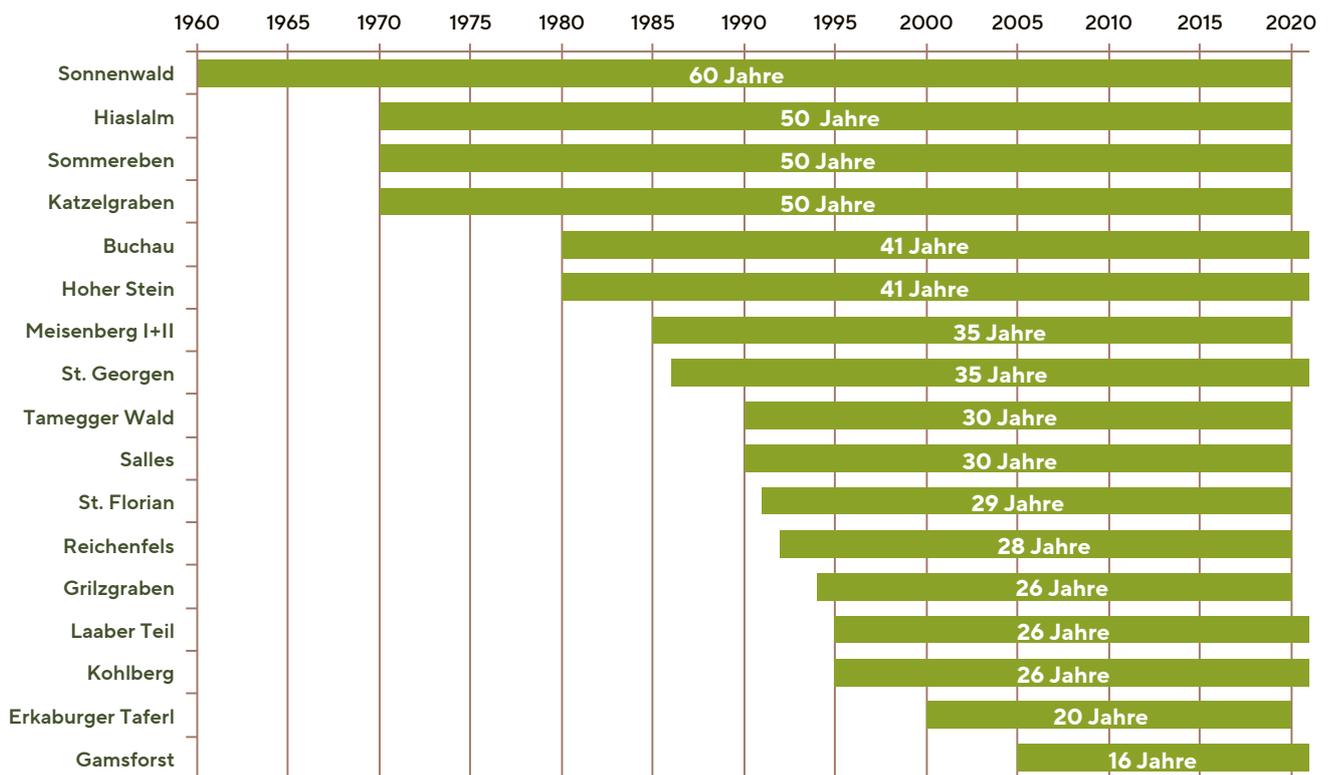
# 10. Bisherige Ergebnisse

## 10.1 Dauer der Überführungsphase

Die 15 Pro-Silva-Beispielsbetriebe mit 18 Referenzflächen und 21 vorkommenden Waldgesellschaften in 11 Wuchsgebieten verfolgen eine gemeinsame Zielsetzung: die langfristige Sicherung der ökonomischen, ökologischen und sozioökonomischen Nachhaltigkeit für den Waldeigentümer und für die Gesellschaft. Die individuellen Ausgangslagen führten jedoch zu einem heute jeweils differenzierten Waldbild. Im Hinblick auf die Bestandesgeschichte stellt der Sonnenwald (Oberösterreich, Forstbetrieb Stift Schlägl) nach rund 60 Jahren Abkehr von Waldbau-Methoden des schlagweisen Hochwaldes die älteste Dauerwald-Fläche dar (vgl. Abbildung 8). Wichtige Kennzeichen dieser Abkehr von der früheren Bewirtschaftung sind: keine Kahlhiebe, eine periodische einzelstammweise Auszeige der Erntestämme, die Entnahme von qualitativ

schlechteren Individuen vor der Entnahme der besseren, die Förderung von Mischbaumarten und ungleichaltrigen Strukturen und der Einsatz von bodenschonenden Erntemaßnahmen. Wo möglich, soll mit der vorhandenen Naturverjüngung gearbeitet werden.

Für die 12 bereits wiederholt erhobenen Flächen sind bereits Veränderungen feststellbar, die auf die Behandlung als Dauerwald zurückzuführen sind. Im Folgenden werden erste Ergebnisse im Hinblick auf die Einordnung der Standorte, der potenziellen natürlichen Waldgesellschaften und der Vegetation auf den Referenzflächen und Veränderungen in den ertragskundlichen Kennzahlen (Stammzahl, Vorrat, Grundfläche, Zuwachs) sowie der Baumartenzusammensetzung, die Entwicklung der Naturverjüngung und erste Einblicke in die ökonomischen Auswertungen der einzelnen Betriebe dargestellt. Trends können in weiterer Folge nach der nächsten Wiederholungsaufnahme ausgemacht werden.



**ABBILDUNG 8:** Zeitraum der Dauerwaldbewirtschaftung nach Angabe der Waldeigentümer auf den ReSynatWald-Flächen zum Zeitpunkt der letzten Erhebung (Stand: 2021).

## 10.2 Standorte, Waldgesellschaften und Vegetation

Die ReSynatWald-Flächen befinden sich in der Regel auf ausgeglichenem Relief. Die Böden sind meist mittel-tiefgründig, reich an Feinerde und besitzen in der Regel eine gute Wasserversorgung. Meist handelt es sich um Braunerden oder Semipodsole, die Moder oder Rohhumus tragen und somit ein Nadelholz förderndes Substrat darstellen. Die Bonitäten der Standorte sind in der Regel gut bis sehr gut. Verglichen mit dem Österr. Naturwaldreservatenetz, dessen Flächen sich mehrheitlich in eher schwer zugänglichen Lagen der Randalpen auf Karbonatstandorten befinden, besteht damit eine gewisse Komplementarität.

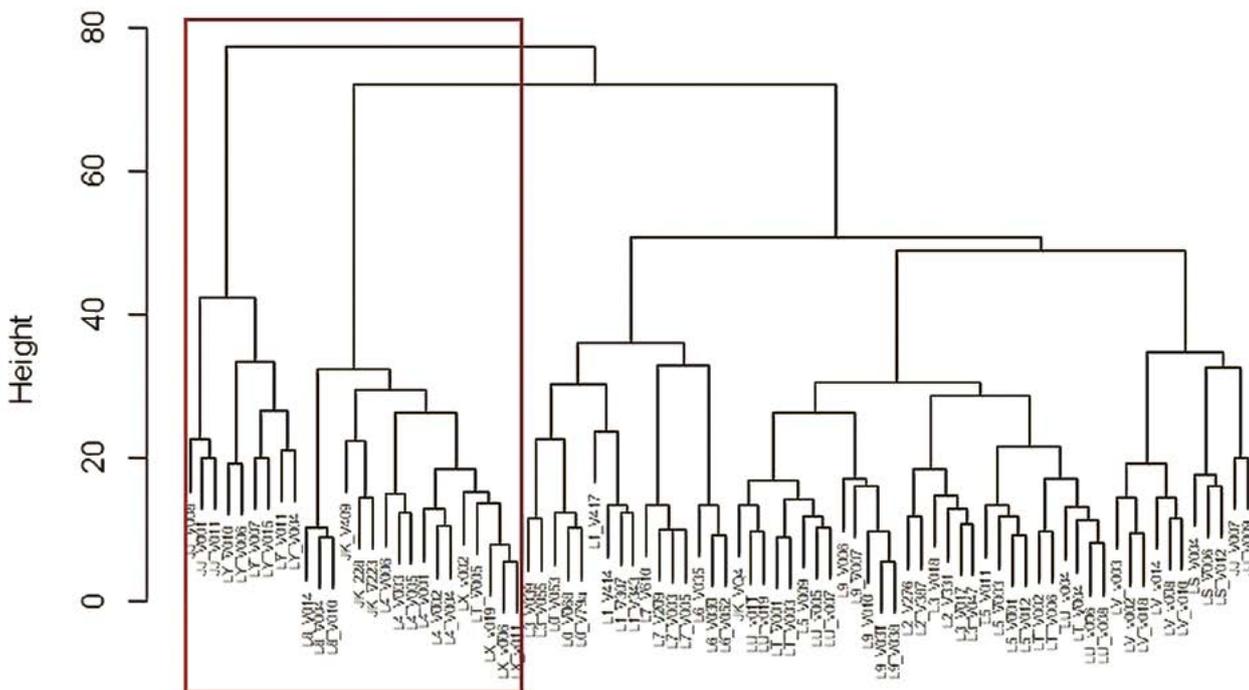
Durch die Lage zahlreicher ReSynatWald-Flächen in der montanen Stufe sind Fichtenvorkommen in vielen Fällen Teil der natürlichen Baumartenzusammensetzung. In der Mehrzahl der Fälle ist dieser Anteil jedoch aus standortkundlicher Sicht überhöht, mit Einfluss auf Ökologie und floristische Artenzusammensetzung.

Auf Basis der Ellenberg-Zeigerwerte (Gefäßpflanzen nach Ellenberg 1979, Moose nach Düll & Düll-Wunder 2012) wurde für jede Vegetationsaufnahme der mittlere Reaktionswert (sauer bis basisch) und Feuchtwert (nass bis trocken) errechnet. Berücksichtigt wurde nur die Krautschicht, da diese keine bewusste Lenkung durch die Bewirtschaftung erfährt und daher die

Standortseigenschaften am besten widerspiegelt. Je nach Wert der neunstufigen Deckungswertskala (Willmanns 1989) erfolgte eine Gewichtung der Zeigerwerte mit 1 (Deckung r,+1), 2 (Deckung 2m, 2a, 2b) oder 3 (3, 4, 5).

Standörtliche Unterschiede von Waldflächen werden aufgrund des forstlichen Managements weniger durch die Baumschicht, als durch die weitgehend unbeeinflusste Krautschicht wiedergegeben. Für die multivariate Gliederung der Untersuchungsflächen (Abbildung 9) wurde daher die Artenzusammensetzung der Krautschicht herangezogen. Die dargestellte Clusteranalyse basiert auf der euklidischen Distanz und dem Agglomerationsalgorithmus nach Ward, bei dem die Vegetationsaufnahmen mit dem Ziel einer geringsten Zunahme der Varianz aggregiert werden. Wie dem Dendrogramm in Abbildung 9 zu entnehmen, lässt sich das Aufnahmемaterial grob in zwei Gruppen gliedern. Der rot umrahmte Teil umfasst Vegetationsaufnahmen mit zahlreichen basophilen Arten, während der übrige Teil die azidophile Vegetation vereint. Nur wenige Untersuchungsflächen haben Anteil an beiden Gruppen, wie der pflanzensoziologisch sehr heterogene Gamsforst (Code JJ). Extreme Artenarmut kann zu Fehlzuordnungen führen wie beim Erkaburger Taferl (Code LT) oder eine Marteloskopfläche (Code JK).

Die Pflanzengemeinschaften der Untersuchungsbestände können demnach hinsichtlich des Basenhaushaltes



**ABBILDUNG 9:** Clusteranalyse der Vegetationsaufnahmen anhand des Deckungswertes der Arten der Krautschicht sowie dominanten Arten der Moosschicht. Deckungswerte der neunstufigen Braun-Blanquet-Skala (Willmanns 1989) wurden in van der Maarel-Werte transformiert.

in zwei Gruppen gegliedert werden (siehe Ökogramm Abbildung 10). Die subneutrale bzw. mäßig saure Einheit mit den Untersuchungsflächen Hoher Stein, Buchau, Laaber Teil, St. Florian und St. Georgen und die Einheit auf sauren Böden mit Tamegger Wald, Reichenfels, Salles, Hiaslalm, Meisenberg, Grilzgraben, Sonnenwald, Sommereben, Katzelgraben, Erkaburger Taferl und Kohlberg. Die Fläche Gamsforst umfasst sehr unterschiedliche Standorte und hat Anteile an subneutralen sowie an sauren Standorten. Dass auch bei Katzelgraben und Taferlklausen Einzelaufnahmen in der jeweils anderen Einheit zu liegen kommen, ist vor allem der lokal geringen Artenzahl in den Vegetationsaufnahmen geschuldet.

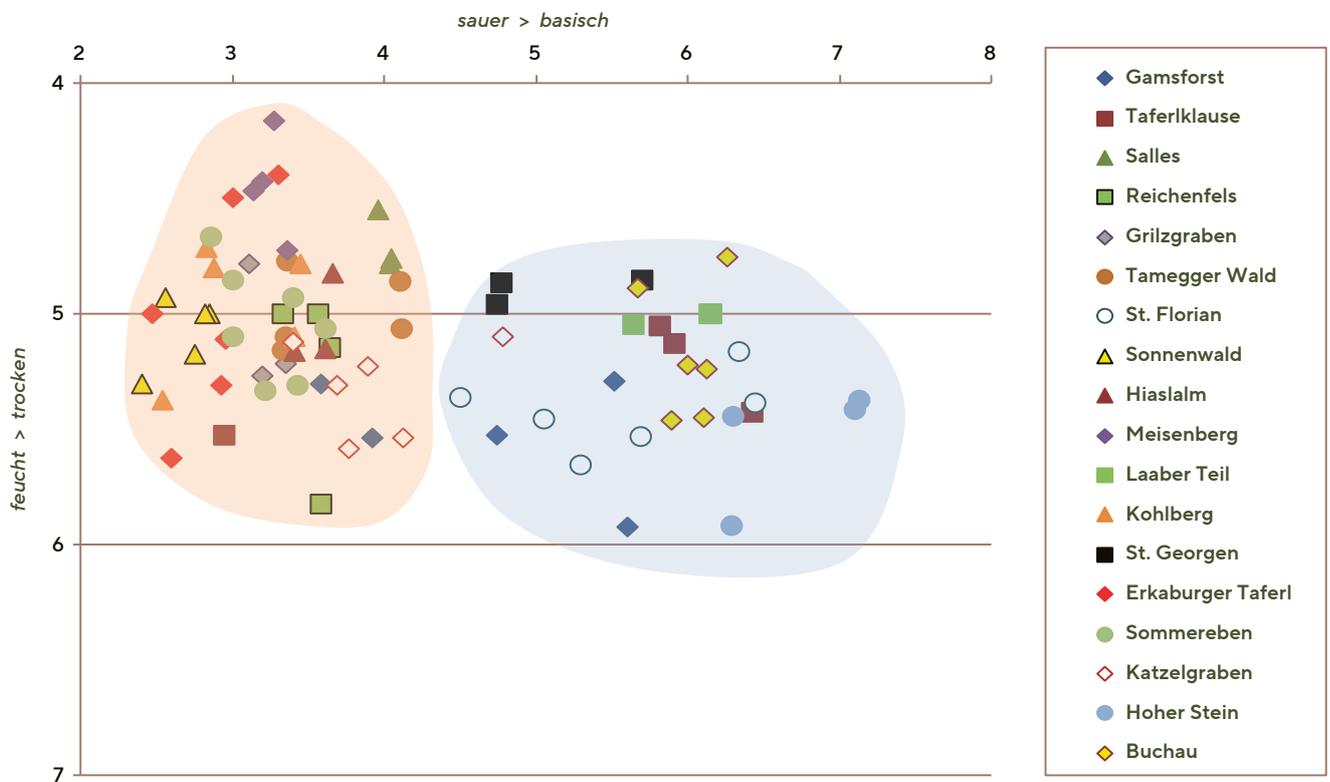
Der Zeigerwert für Feuchte liegt zwischen 4 und 6. Die Vegetationsaufnahmen sind gegenüber diesem Faktor daher nicht so weit gestreut wie beim Basenhaushalt. Im Mittel handelt es sich um frische Standorte (Zeigerwert 5). Als trockenste Bereiche zeigen sich hier besonders artenarme Kuppen- bzw. Hanglagen von Meisenberg und Erkaburger Taferl. Die beste Wasserversorgung findet sich hingegen bei Einzelaufnahmen der Flächen Reichenfels und Gamsforst – beide auch mit nassen Standortsbedingungen – sowie Hoher Stein.

Pflanzensoziologisch sind die Untersuchungsflächen 21 verschiedenen Waldgesellschaften (Assoziationen)

zuzuordnen (vgl. Tabelle 5), wobei bodensaure Fichten-, Fichten-Tannen- und Fichten-Tannen-Buchenwälder dominieren. In geringen Anteilen sind auch Buchenwälder wie St. Georgen und Hoher Stein vertreten. Sonderstellung besitzen Kohlberg und Buchau mit Kiefernwaldanteilen, Hiasl-alm mit Lärchen-Zirbenwald, sowie der Laaber Teil mit Eichenwald.

Die aktuell bestimmten Waldgesellschaften entsprechen überwiegend nicht der im Zuge der vegetationskundlichen Bearbeitung konstruierten potenziellen natürlichen Vegetation (PNV) (vgl. Tabelle 5), da meist der Nadelholzanteil gegenüber der Rotbuche überhöht ist. Gleichzeitig muss erwähnt werden, dass die Konstruktion der PNV insbesondere vor den ablaufenden Klimaveränderungen mit Unsicherheiten behaftet ist.

Nicht auf allen Referenzflächen deckt sich die aktuelle Waldgesellschaft mit der potenziellen natürlichen Waldgesellschaft. Vor allem die montanen Waldgesellschaften, natürlich von Fichte, Tanne und Buche mit wechselnden Anteilen gebildet, werden häufig durch nadelholzreiche aktuelle Bestockungen ersetzt.



**ABBILDUNG 10:** Lage der Vegetationsaufnahmen der ReSynatWald-Referenzflächen im Ökogramm von Feuchte und Basenversorgung anhand der Arten der Kraut- und Mooschicht auf Basis der Ellenberg-Zeigerwerte (Ellenberg 1979). Nach Deckungswerten gewichtet.

**TABELLE 5:** Waldgesellschaften der ReSynatWald-Flächen, beurteilt nach aktueller Vegetation sowie nach dem Konzept der Potenziellen Natürlichen Vegetation (PNV) (Tüxen 1956) und FFH-Lebensraumtypen. Grau hinterlegt: Übereinstimmung von aktueller und potenzieller natürlicher Vegetation.

Referenzfläche	Waldgesellschaften		FFH-LR-Typ
	aktuell	potenziell	
<b>Grilzgraben</b>	Wollreitgras-Fichtenwald Calamagrostio villosae-Piceetum	Wollreitgras-Fi-Ta-Bu-Wald Calamagrostio villosae-Fagetum	9110
<b>Hiaslalm</b>	Silikat-Lärchen-Zirbenwald Larici-Pinetum cembrae	Alpenlattich-Fichtenwald Homogyno-Piceetum	9420
<b>Kohlberg</b>	Hainsimsen-Fichtenwald Luzulo-Piceetum	Hainsimsen-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	9110
	Heidelbeer-Rotföhrenwald Vaccinio myrtilli-Pinetum sylvestris	Hainsimsen-Traubeneichenwald Luzulo-Quercetum	-
<b>Lainzer Tiergarten Laaber Teil</b>	Traubeneichen-Hainbuchenwald Galio sylvatici-Carpinetum	Waldmeister-Buchenwald Galio odorati-Fagetum	9170
<b>Meisenberg I</b>	Hainsimsen-Fichtenwald Luzulo-Piceetum	Hainsimsen-Fichten-Tannenwald Luzulo-Piceetum	9410
<b>Meisenberg II</b>	Peitschenmoos-Fichtenwald Bazzanio-Piceetum	Peitschenmoos-Fichten-Tannenwald Bazzanio-Piceetum	9410
<b>Reichenfels</b>	Alpenlattich-Fichtenwald Homogyno-Piceetum	Alpenlattich-Fichtenwald Homogyno-Piceetum	9410
	Basenarmer-Sumpffichtenwald Equiseto-Piceetum	Basenarmer-Sumpffichtenwald Equiseto-Piceetum	
<b>Salles</b>	Hainsimsen-Fichtenwald	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	9410
<b>Sonnenwald</b>	Peitschenmoos-Fichten-Tannenwald Bazzanio-Piceetum	Wollreitgras-Fi-Ta-Bu-Wald Calamagrostio villosae-Fagetum	9110
	Wollreitgras-Fi-Ta-Bu-Wald Calamagrostio villosae-Fagetum		
<b>St. Florian</b>	Seegras-Fichtenwald Carici briz.-Picea ab. Ges	Waldmeister-Buchenwald Galio odorati-Fagetum	9130
	Waldmeister-Buchenwald Galio odorati-Fagetum		
	Sternmieren Hainbuchenwald Stellario-Carpinetum		
<b>St. Georgen</b>	Waldmeister-Fi-Ta-Bu-Wald Galio odorati-Fagetum	Waldmeister-Fi-Ta-Bu-Wald Galio odorati-Fagetum	9130
		Kalk-Buchenwald Mercuriali-Fagetum	
<b>Tamegger Wald</b>	Hainsimsen-Fichtenwald Luzulo-Piceetum	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	9110
	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum		
<b>Erkaberger Taferl</b>	Peitschenmoos-Fi-Ta-W Bazzanio-Piceetum	Hainsimsen-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	9110
	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-W Luzulo-Fagetum		
<b>Sommereben</b>	Peitschenmoos-Fi-Ta-W Bazzanio-Piceetum	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	9110
	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-W Luzulo-Fagetum		
<b>Katzelgraben</b>	Montaner Hainsimsen-Fichtenwald Luzulo luzuloidis-Piceetum	Wachtelweizen-Buchenwald Melampyro-Fagetum	9110
	Wachtelweizen-Buchenwald Melampyro-Fagetum		
<b>Hoher Stein</b>	Bingelkraut-Buchenwald Mercuriali-Fagetum	Bingelkraut-Buchenwald Mercuriali-Fagetum	9130
<b>Buchau</b>	Schneeheide-Rotföhrenwald Erico-Pinetum sylvestris	Schneeheide-Rotföhrenwald Erico-Pinetum sylvestris	9130
	Nordalpischer frischer Fi-Ta-W Tortello-Piceetum	Nordalpischer Karbonat-Fi-Ta-Bu-Wald	
	Nordalpischer Karbonat-Fi-Ta-Bu-W Adenostylo glabrae-Fagetum	Adenostylo glabrae-Fagetum	
<b>Gamsforst</b>	Labkraut-Fichten-Tannenwald Galio rotundifolii-Piceetum	Kleeschaumkraut-Fi-Ta-Bu-Wald Cardamino trifoliae-Fagetum	9410
	Seegras-Fichten-Tannenwald Carici brizoidis-Abietetum	Seegras-Fichten-Tannenwald Carici brizoidis-Abietetum	
	Montaner Hainsimsen-Fichtenwald Luzulo luzuloidis-Piceetum	Hainsimsen-Fi-Ta-Bu-Wald Luzulo-Fagetum	

### 10.3 Baumartenzusammensetzung und -diversität

Insgesamt kamen 21 verschiedene Baumarten auf den 18 Referenzflächen vor. Die höchste Baumartenanzahl – insgesamt 12 – war in St. Florian, wohingegen in Hoher Stein und in Reichenfels nur 2 Baumarten gefunden werden konnten.

Unter den Baumarten hatte der höchste Anteil (insgesamt 45%) die Fichte. Darüber hinaus erreichten nur noch Lärche und Tanne zweistellige Prozentwerte. Weitere 4 Baumarten kamen auf über 1% und 13 Baumarten auf unter 1% vor.

Die Anzahl der Proben in den einzelnen Gebieten war unterschiedlich, so dass die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens neuer Baumarten theoretisch nicht dieselbe war. Die Zunahme der Anzahl der Baumarten ist proportional zur Anzahl der Stichproben, was durch Rarefaction-Kurven modelliert werden kann. Für einen korrekten Vergleich ist eine gleiche Anzahl von Proben erforderlich. Die meisten Stichproben (n=28) befanden sich im Kohlberg, und die übrigen Gebiete wurden durch Michaelis-Menten-Extrapolation der Rarefaction-Kurven (Colwell & Coddington 1994) mit diesem Gebiet verglichen. Infolgedessen hat sich die Reihenfolge geringfügig, aber nicht wesentlich geändert. An keinem Standort lag

TABELLE 6: Baumartenanteile auf den Referenzflächen.

Baumart	Buchau	Erkaburger	Gamsforst	Grizgraben	Hiaslalm	Hoher Stein	Katzelgraben	Kohlberg	Laaber Teil	Meisenberg 1	Meisenberg 2	Reichenfels	Salles	Sommereben	Sonnenwald	St. Florian	St. Georgen	Tamegger	Mittelwert
Berg-Ahorn	3%		0%	1%			0%						0%			1%			0%
Fichte	55%	45%	78%	76%	19%		53%	7%		86%	50%	51%	73%	54%	78%	38%	37%	45%	45%
Gemeine Esche	0%															8%			0%
Hainbuche							0%		1%							1%			0%
Birke								0%			2%							0%	0%
Lärche	8%	12%	6%	14%	33%	4%	2%	12%		11%	21%	49%	15%	17%	1%	16%	23%	3%	14%
Rot-Buche	7%	6%		2%		96%	4%		4%	0%			1%	12%	5%	21%	7%	11%	9%
Schwarz-Erle			1%																0%
Schwarz-Föhre								2%											0%
sonst.LB.							0%									0%			0%
Stiel-Eiche							4%												0%
Strobe		2%																	0%
Tanne	21%	31%	16%	7%			10%	13%			0%		8%	15%	15%		24%	39%	11%
Trauben-Eiche							5%	1%	89%							12%			6%
Ulme																	0%		0%
Vogelbeere	0%												0%		0%	0%			0%
Vogel-Kirsche																0%	0%		0%
Weiß-Kiefer	6%	5%					23%	66%		4%	27%		3%	2%	1%	2%	10%	2%	11%
Winterlinde																0%			0%
Zerr-Eiche									6%										0%
Zirbe				48%															3%
<b>Anzahl der Baumarten</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>21</b>

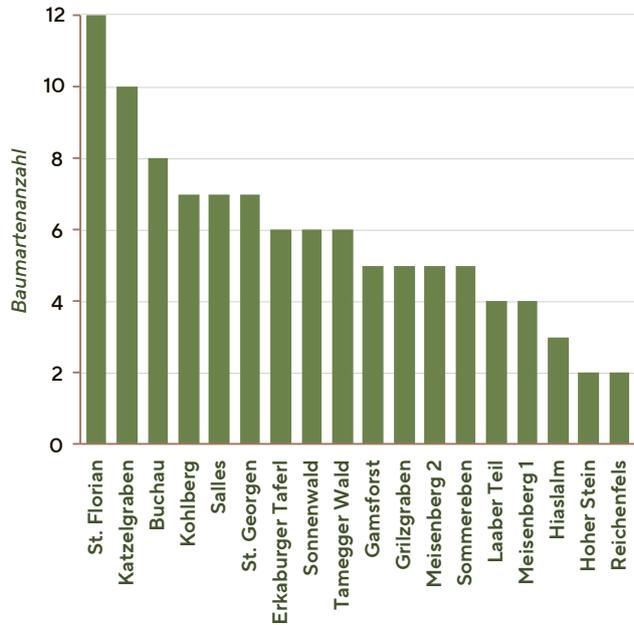
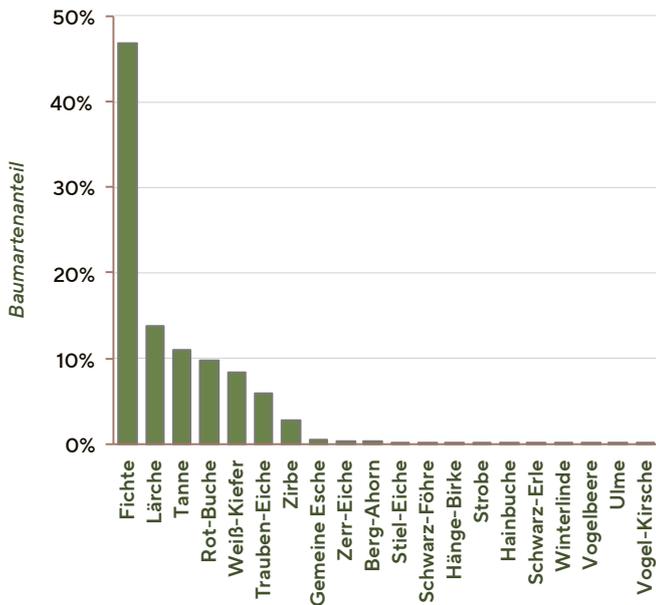


ABBILDUNG 11: Baumartenanteile auf den 18 Referenzflächen.

ABBILDUNG 12: Baumartenanzahl auf den Referenzflächen.

die Differenz zwischen der beobachteten und der erwarteten Anzahl von Baumarten innerhalb einer Art ( $<0,5$ ).

Ein Vergleich der Baumartenzusammensetzung von den Referenzflächen kann auch anhand von Diversitätsindizes durchgeführt werden. Auch in diesem Fall sollten

die Daten der gleichen Anzahl von Proben verwendet werden, um einen korrekten Vergleich zu gewährleisten. In diesem Fall geschieht dies durch eine Mindeststichprobengröße von  $n=11$  (Meisenberg 2), so dass für jede Referenzfläche die Daten aus dieser Stichprobengröße verwendet werden.

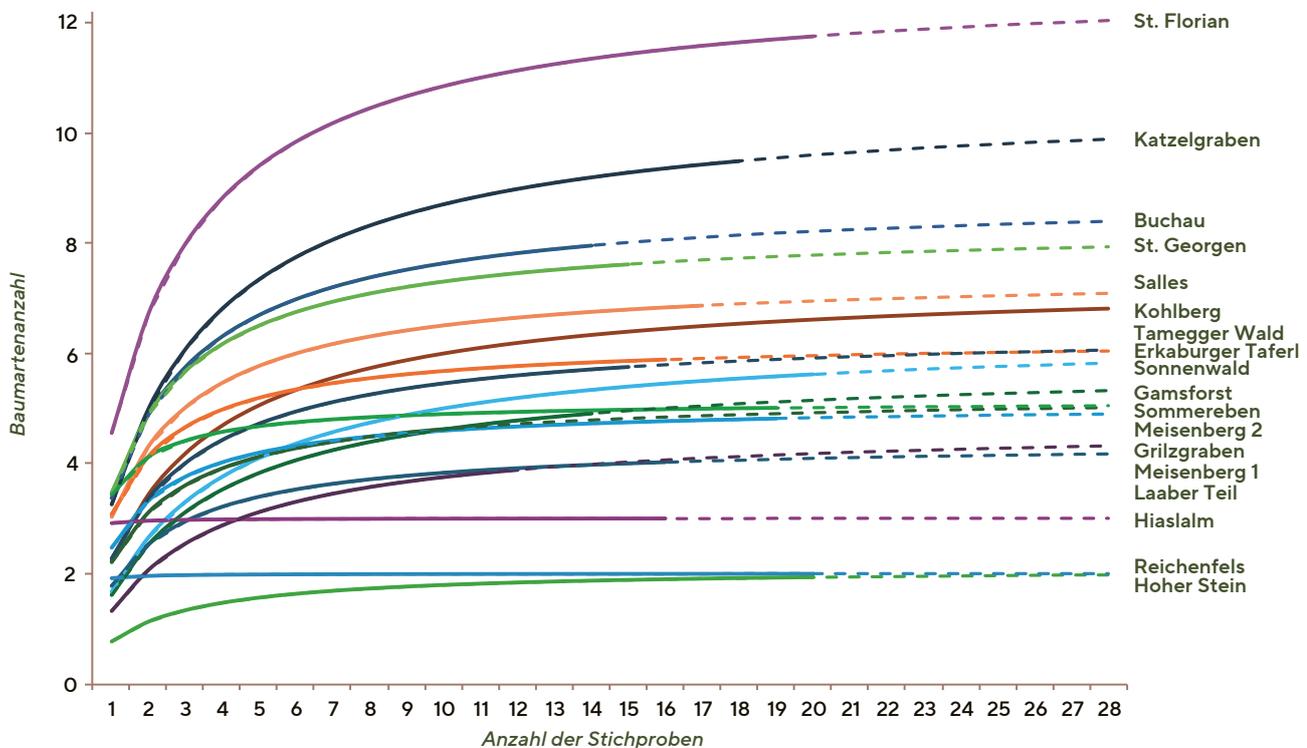


ABBILDUNG 13: Die Rarefaction-Kurven der Referenzflächen und die Michaelis-Menten-Extrapolationen.

**TABELLE 6:** Diversitätswerte der Bestände von den Referenzflächen.

Diversitätsindizes	Buchau	Erkaberger	Gamsforst	Grilzgraben	Hiaslalm	Hoher Stein	Katzelgraben	Kohlberg	Laaber Teil	Meisenberg 1	Meisenberg 2	Reichenfels	Salles	Sommereben	Sonnenwald	St. Florian	St. Georgen	Tamegger
Baumartenanzahl	8	5	5	5	3	2	8	5	3	4	5	2	6	5	5	11	8	5
Shannon	1,411	1,336	0,761	0,435	1,058	0,067	1,342	1,347	0,315	0,522	0,849	0,570	0,865	1,350	0,771	1,912	1,321	1,020
Simpson	0,680	0,690	0,379	0,203	0,638	0,025	0,661	0,698	0,158	0,260	0,446	0,382	0,388	0,716	0,443	0,818	0,662	0,536
Äquität	0,679	0,830	0,473	0,271	0,963	0,096	0,645	0,837	0,287	0,377	0,528	0,822	0,483	0,839	0,479	0,797	0,635	0,634
Berger-Parker	0,490	0,389	0,772	0,888	0,471	0,988	0,430	0,427	0,915	0,853	0,720	0,743	0,774	0,351	0,701	0,251	0,471	0,638

Neben der Anzahl der Arten ist der am häufigsten verwendete Wert für die Diversität der der Shannon-Index, der auf den Anteil seltener Arten sensibel ist. Ebenfalls häufig verwendet wird der Simpson-Index, der sensitiver für häufige Arten ist. Die Äquität (equitability) gibt die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Arten an. Der Berger-Parker-Index (Berger & Parker 1970, Kitikidou et al. 2024) zeigt, wie dominant die am häufigsten vorkommende Art in einer Gemeinschaft ist. Je höher der Wert, desto dominanter ist eine Art in einer bestimmten Population. Ausgehend von den ersten vier und dem letzten Indikator wies St. Florian die höchste Baumvielfalt auf. Nur in der Referenzfläche Hiaslalm war die Äquität höher. Die niedrigsten Werte waren in allen Fällen in der Referenzfläche Hoher Stein zu finden.

Diese Werte sind deshalb wichtig, weil die Baumartenstruktur ein Indikator für die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) des Bestands ist.

## 10.4 Entwicklung der Baumarten-Zusammensetzung der Referenzflächen

Ein Vergleich der unterschiedlichen Durchmesserklassen eines Bestandes erlaubt einen Einblick in dessen Entwicklung und Dynamik. Hinsichtlich der Baumarten-Zusammensetzung zeichnen sich folgende Veränderungen ab:

- Schattbaumarten gewinnen an Dominanz. Dies betrifft insbesondere die für die Dauerwaldbewirtschaftung ideale Baumart Tanne in den Referenzflächen Erkaberger Taferl, Katzelgraben, Tamegger Wald, Sommereben, St. Georgen, Kohlberg, Buchau und Gamsforst. Auch die Rotbuche als schattentolerante Laubbaumart nimmt in den unteren Durchmesserklassen der

Bestände St. Georgen, Meisenberg, Buchau und Erkaberger Taferl zu.

- Lichtbaumarten, die in den meisten Fällen als Erbe der früheren Kahlschlagwirtschaft gewertet werden können und nach wie vor zahlreich in den starken Durchmesserklassen vertreten sind, nehmen hingegen sukzessive ab. Die betroffenen Baumarten sind Rotföhre, Lärche und Eichen-Arten, deren Rückgang bei gleichbleibender Bewirtschaftung auf den Flächen Erkaberger Taferl, Hoher Stein, Salles, Grilzgraben, Katzelgraben, Reichenfels, St. Florian, Meisenberg, Sommereben, Katzelgraben, St. Georgen, Kohlberg, Buchau und Gamsforst festgestellt wird.

Bei der Mehrzahl der Flächen ist damit künftig von einer geringen Reduktion der Baumartenvielfalt auszugehen. Dies trifft nicht auf die Fläche St. Florian zu, wo sich derzeit unter dem lockeren Kronendach der dominierenden Fichte und Lärche ein artenreicheres Zwischenstadium mit Esche, Bergahorn und Hainbuche einstellt. Durch die strikte Anwendung von Naturverjüngungsverfahren ist die künftige Baumgeneration jedenfalls als standortangepasster und in höherem Maße naturnah zu werten.

### 10.4.1 Licht- und Schattbaumarten im Dauerwald

Hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung spielen die Schattbaumarten Buche und Tanne eine wichtige Rolle im Dauerwald, jedoch ist naturnaher Waldbau auch mit Eiche möglich. Dies wird im Hinblick auf das AFI-Netzwerk (Association Futiae Irrégulière) besonders deutlich. Seit über 30 Jahren wird dort auf europaweiter Ebene ein Referenzflächen-Netzwerk für Dauerwaldbewirtschaftung aufgebaut, welches zu einem großen Teil aus laubholzdominierten Gesellschaften mit Eichenbewirtschaftung besteht (Susse et al. 2011).

Auch in Österreich wird eine Dauerwaldfläche des Referenzflächen-Netzwerks als Eichenwald bewirtschaftet: Laaber Teil. Obwohl es sich hier um einen Buchenwald-Standort handelt, kommt durch das große Angebot an Samenbäumen die Eiche lokal zahlreich in der Verjüngung auf. In der Unterschicht wird sie von der schattentoleranteren Hainbuche, und Buche verdrängt (vgl. Abbildung 14). Ohne spezielle Förderung wird sich die Eiche nicht mehr im Hauptbestand etablieren können. Allerdings spielt hier auch ein hoher Wilddruck und Lichtmangel, hervorgerufen durch zu hohe Grundflächenhaltung, eine besondere Rolle.

Insgesamt können sich Pionier- und Lichtbaumarten trotz Überschirmung verjüngen, doch sind diese ohne spezielle Förderung schon in der Unterschicht nicht mehr konkurrenzfähig. Ein höherer Anteil an Lichtbaumarten im Altbestand ist meist auf die Herkunft aus dem früheren Kahlschlag- bzw. Schirm- oder Saumschlagbetrieb zurückzuführen, wie auf den Flächen Salles und Reichenfels (vgl. Abbildung 15).

## INFOBOX für die Abbildungen

i

### Lichtbaumarten:

Eiche, Esche, Birke, Lärche, Weiß-Kiefer, Vogelbeere, Zirbe.

### Halbschattbaumarten:

Berg-Ahorn, Fichte.

### Schattbaumarten:

Rot-Buche, Hainbuche, Weiß-Tanne.

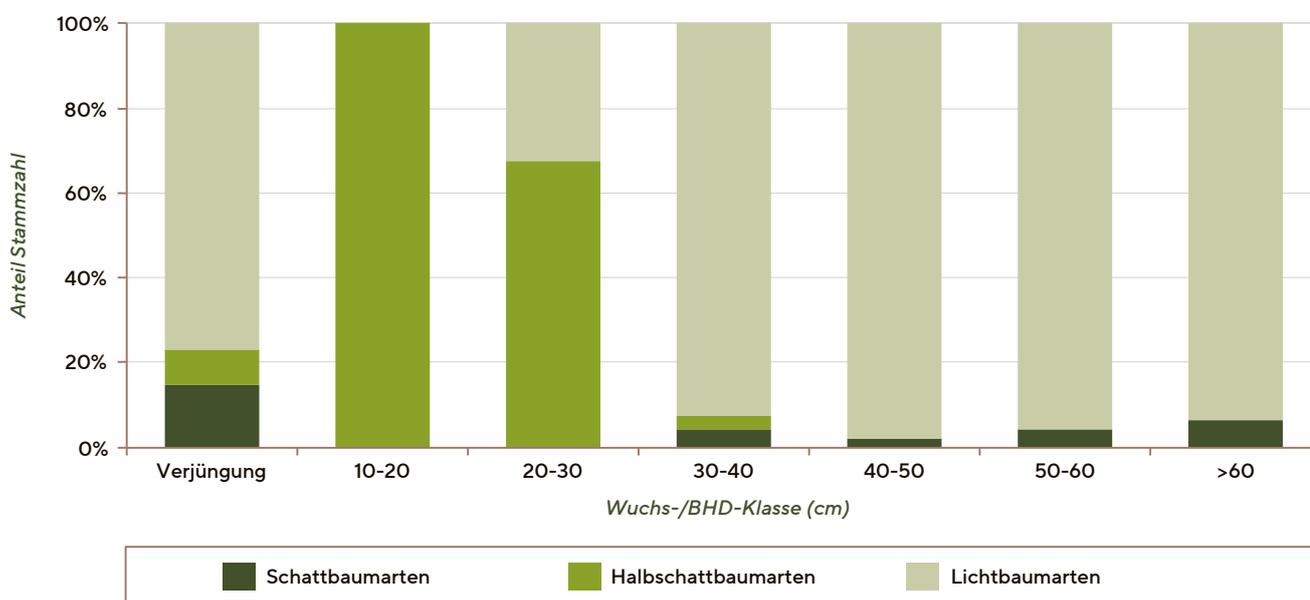


ABBILDUNG 14: Anteil der Schatt-, Halbschatt- und Lichtbaumarten im Eichenbestand Laaber Teil.

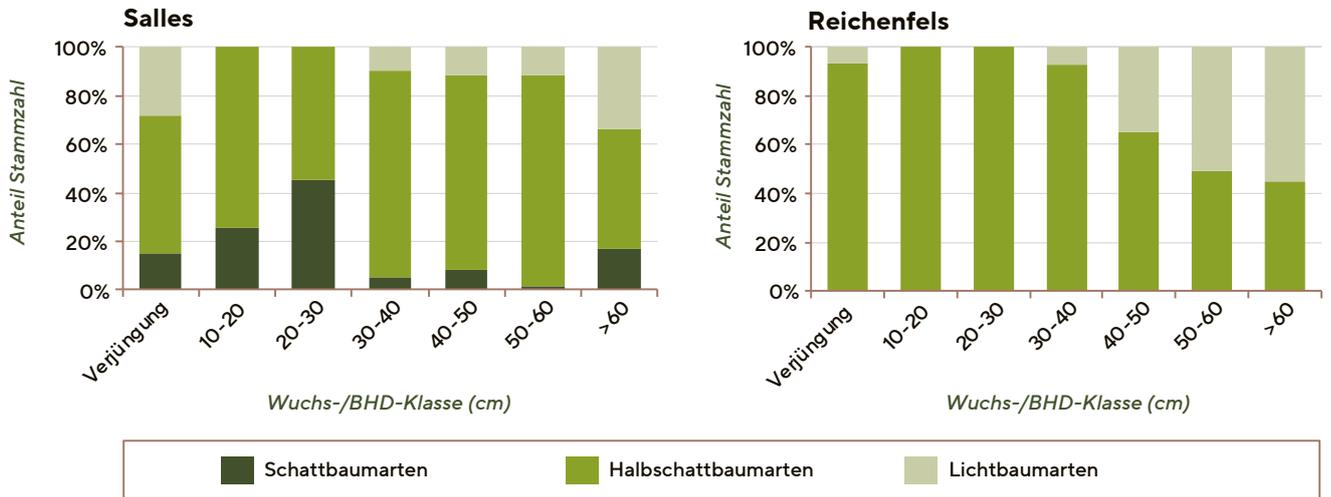


ABBILDUNG 15: Anteil der Schatt-, Halbschatt- und Lichtbaumarten im Fichten-Tannen-Buchenwald Salles und Fichtenwald Reichenfels.

## 10.5 Dauerwaldbewirtschaftung und Holzproduktion

Der Fokus der Dauerwald-Idee (Möller 1922, Reiningger 1992) lag und liegt ganz klar auf der Wertholzerzeugung. Durch eine optimale Produktion und einen permanenten Vorrat soll ein möglichst hoher Zuwachs auf die werttragenden Bäume konzentriert, eine ausreichende Verjüngung ermöglicht und eine standortgemäße Baumartenvielfalt gewährleistet werden. Die Bestimmung einer optimalen Vorratshöhe ist daher eine Grundvoraussetzung einer erfolgreichen Dauerwaldbewirtschaftung, jedoch kann dieser erst nach längerer Beobachtung eingeschätzt werden. Dafür müssen zunächst Trends in der Entwicklung der Verjüngung sowie die Höhe des Zuwachses und dessen Veränderungen nach Eingriffen festgestellt und evaluiert werden. Die Bestandesstruktur und -stabilität sind ebenfalls unverzichtbare Kontrollgrößen im Dauerwald. Nur wenn eine ausreichend stammzahlreiche Naturverjüngung gewährleistet ist, der Zuwachs optimiert und auf qualitativ hochwertige Stämme konzentriert wird, kann die Dauerwaldbewirtschaftung hohe ökonomische Gewinne erzielen und gleichzeitig ein resilientes Wald-Ökosystem bereitstellen.

### 10.5.1 Vorrat, Grundfläche und Zuwachs

Alle Untersuchungsflächen weisen trotz unterschiedlicher Bewirtschafteter, Standorte und Baumartenzusammensetzungen hohe Vorräte und Bestandesgrundflächen auf. Die Bestandesgrundflächen am Hektar variieren zwischen 12,8–47,5 m<sup>2</sup>, wobei sich nur 5 der 18 Flächen unterhalb von 25 m<sup>2</sup>/ha befinden (Hoher Stein, Hiaslalm, Kohlberg, St. Georgen, Buchau) (vgl. Abbildung 16). Die Flächen Buchau und St. Georgen zählen zu den klassischerweise

vorratsreichen Fichten-Tannen-Buchen-Wäldern, aber auch andere nadelholzdominierte Wälder (Hiaslalm und Kohlberg) und Buchenwald-Standorte (Hoher Stein) zählen dazu. Die anderen Flächen zeichnen sich durch besonders hohe Bestandesgrundflächen aus. Hohe Grundflächen können sich je nach Baumartenzusammensetzung und Standort problematisch auf die Verjüngung auswirken. Insbesondere auf Eichenstandorten ist eine deutlich kleinere Zielgrundfläche notwendig, um dem Licht- und Wärmebedürfnis der Naturverjüngung zu entsprechen. Für schattentolerantere Baumarten und an guten Standorten ist eine höhere Bestandesgrundfläche möglich.

Die Vorräte am Hektar liegen zwischen 181–595 Vfm/ha (Duchschnitt 412 Vfm/ha) (vgl. Abbildung 17). Resultierend aus der niedrigen Grundfläche weisen eben jene 5 Flächen (s.o.) auch die niedrigsten Vorräte am Hektar auf. Auf der Fläche Meisenberg 2 stockt ebenfalls ein unterdurchschnittlich niedriger Vorrat. Dort handelt es sich um einen durch historische Nutzungen verhagerten Standort, der sich durch schlechte Wüchsigkeit und auch wenig Verjüngung auszeichnet.

- Sowohl die geringste als auch die höchste Bestandesgrundfläche befindet sich in laubholzdominierten Beständen. Mit 47,5 m<sup>2</sup>/ha ist die Bestandesgrundfläche im Eichen-Hainbuchenwald Laaber Teil ungewöhnlich hoch. Eine erfolgreiche Etablierung von natürlicher Eichenverjüngung wird ohne konsequente Förderung nicht möglich sein – die Grundfläche des Unterstandes liegt nur bei 0,3 m<sup>2</sup>/ha. Da es sich am Standort um einen potenziellen Buchenwald handelt, entspräche der Ausfall der Eiche zugunsten der schattentoleranteren Buche einer natürlichen Entwicklung. Das Bestockungsziel ist in diesem Fall abhängig vom notwendigen Pflegeaufwand.

- Bestandesgrundflächen im Fichten-Tannen-Buchen-Wald liegen zwischen 24,9–37,8 m<sup>2</sup>/ha mit einem Fichtenteil von 51–78%, Tanne mit 7–26% und Rot-Buche 2–14%. Die Vorräte am Hektar befinden sich zwischen 261 Vfm/ha und 571 Vfm/ha auf wüchsigen Standorten. Im Unterstand liegen die Grundflächen am Hektar bei 2,6 m<sup>2</sup>/ha (Salles) bis 5,8 m<sup>2</sup>/ha (Sonnenwald).
- Die Bestandesgrundflächen in nadelholzdominierten Waldgesellschaften sind ähnlich hoch wie in Fichten-Tannen-Buchen-Wäldern: 22–38 m<sup>2</sup>/ha. Der Unterstand liegt dabei zwischen 0,9–2,8 m<sup>2</sup>/ha. Die Vorräte variieren stärker als im Fi-Ta-Bu: 181 Vfm/ha (im Lärchen-Zirbenwald) bis 529 Vfm/ha (im Fichten-Tannen-Wald).

Ziel der Dauerwaldbewirtschaftung ist die Konzentration des Zuwachses auf die Wertträger. Es wird angestrebt, dass er unabhängig von der BHD-Verteilung des Bestandes ist und sich gleichmäßig auf alle Wuchsklassen verteilt. Die Visualisierung der Zuwächse auf den ReSynatWald-Flächen gibt einen Einblick, auf welche BHD-Bereiche sich die momentane Zuwachsleistung auf den einzelnen Flächen und ihren Hauptbaumarten kurz vor bzw. kurz nach einem geplanten Eingriff konzentriert (vgl. Abbildung 18).

- In nadelholzdominierten Beständen zeigen Lärche und Weiß-Kiefer in stärkeren BHD-Klassen vergleichsweise schlechte Zuwächse, sie liegen größtenteils unterhalb der

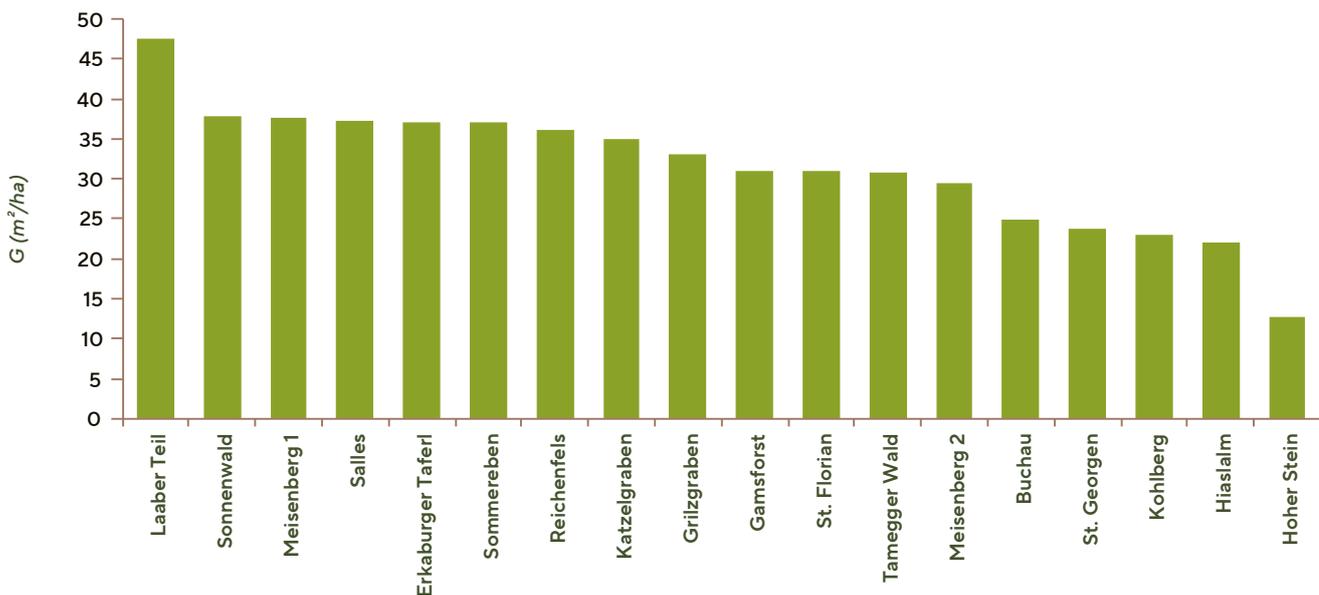


ABBILDUNG 16: Bestandesgrundflächen auf den ReSynatWald-Flächen im Jahr 2020/21.

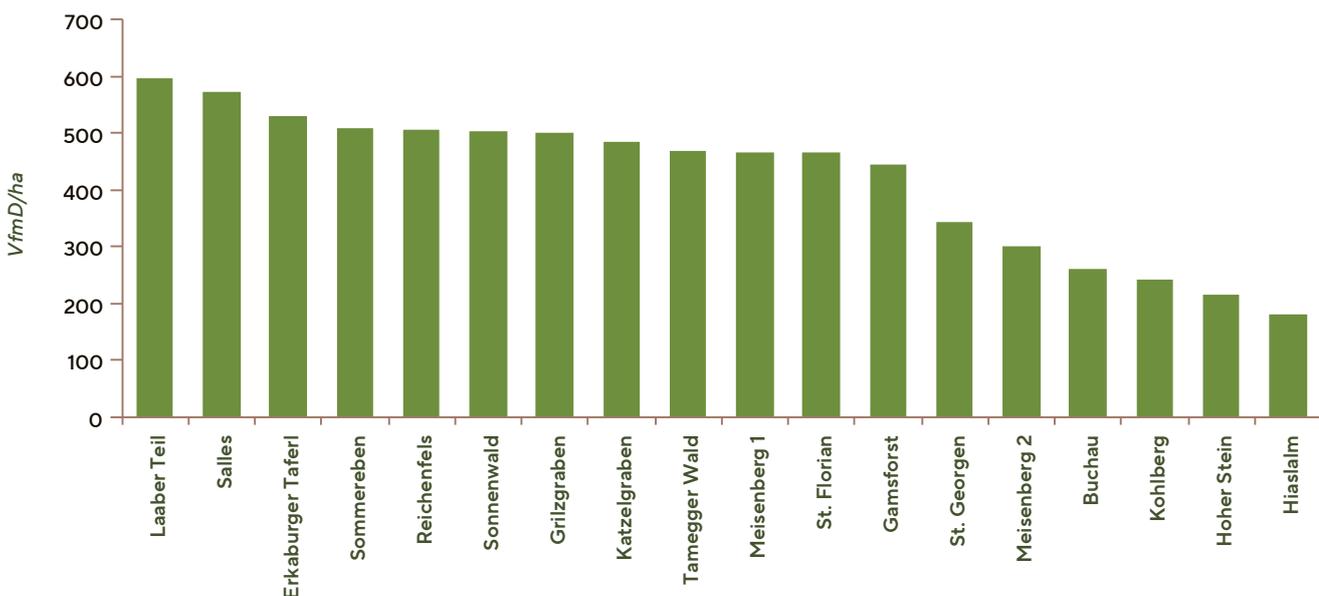


ABBILDUNG 17: Bestandesvolumen auf den ReSynatWald-Flächen im Jahr 2020/21.

anderen Baumarten. Im Vergleich ist die Weiß-Kiefer zuwachskräftiger als die Lärche.

- Im Gegensatz dazu zeigt die Tanne, wo sie vorkommt, die stärksten Zuwächse. Dies gilt besonders für BHD ab 20 cm.
- Fichte zeigt auf allen Flächen ein relativ ähnliches Zuwachsprozent von bis zu 20% ab einem BHD von 40 cm in 5 Jahren. In schwächeren BHD (5–20 cm) erreicht sie Zuwächse um bis zu 120%. Nur auf den verhogerten

Flächen Meisenberg I und II kommt sie auch in diesen BHD-Klassen kaum über 20% hinaus.

- Auf den Flächen kurz vor einem geplanten Eingriff stehen die Nutzungen voraussichtlich in der nächsten Erhebungsperiode an. Vermutlich wird dabei der Zuwachs in den stärkeren BHD-Klassen abgeschöpft und durch Freistellungen auf die schwächeren Durchmesser konzentriert.

### Kurz vor geplantem Eingriff:

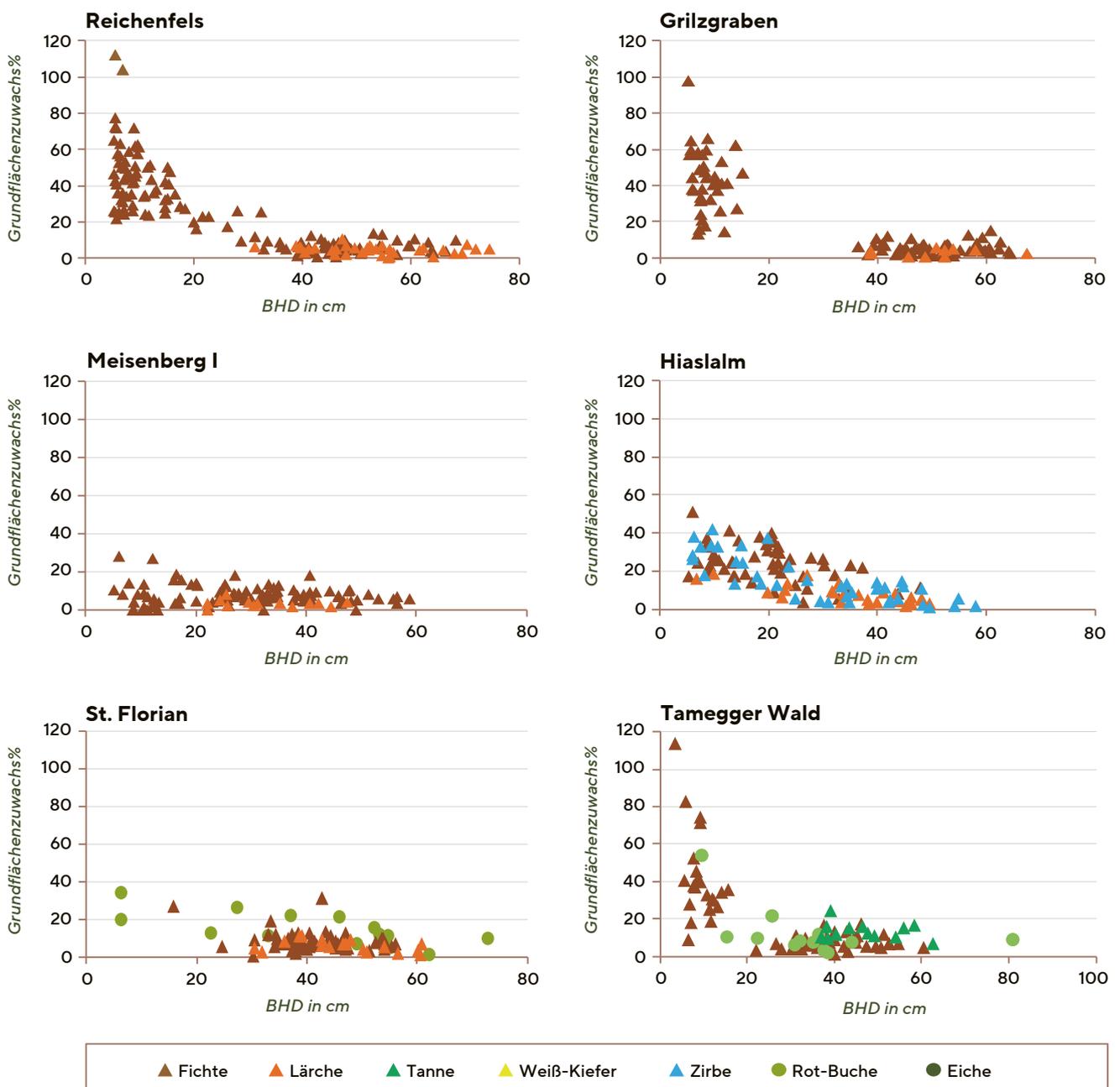


ABBILDUNG 18: Grundflächenzuwachs der Hauptbaumarten auf den ReSynatWald-Flächen nach einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren.

- Unmittelbar nach durchgeführten Nutzungen sind Bäume mit geringen Zuwächsen optimalerweise entnommen worden. Dementsprechend sollten die Zuwächse auf diesen Flächen tendenziell höher sein. Eine entsprechende Entwicklung wird wahrscheinlich mit der nächsten Erhebung erkennbar.

Einen Baum nutzen, sobald er keine optimale Zuwachsleistung mehr erbringen kann oder Qualitätsverschlechterungen zeigt, ist eine der wichtigsten Grundsätze in der

optimalen Dauerwaldbewirtschaftung. Angestrebt wird die optimale Abschöpfung des Zuwachses. Bei einer Gegenüberstellung von Zuwachs und Nutzungsmengen kann eruiert werden, ob in einem Bestand mehr genutzt wird als nachwachsen kann, ob im Bestand Vorrat aufgebaut wird oder ob ein Gleichgewicht von Zuwachs und Entnahmen erreicht wird, wie es auf einen langen Zeitraum bezogen angestrebt wird (vgl. Abbildung 19). Auf dem Weg zu einer optimalen Produktion bei gleichbleibendem Vorrat sind Vorratsabbau oder Vorratsaufbau

### Kurz nach Eingriff:

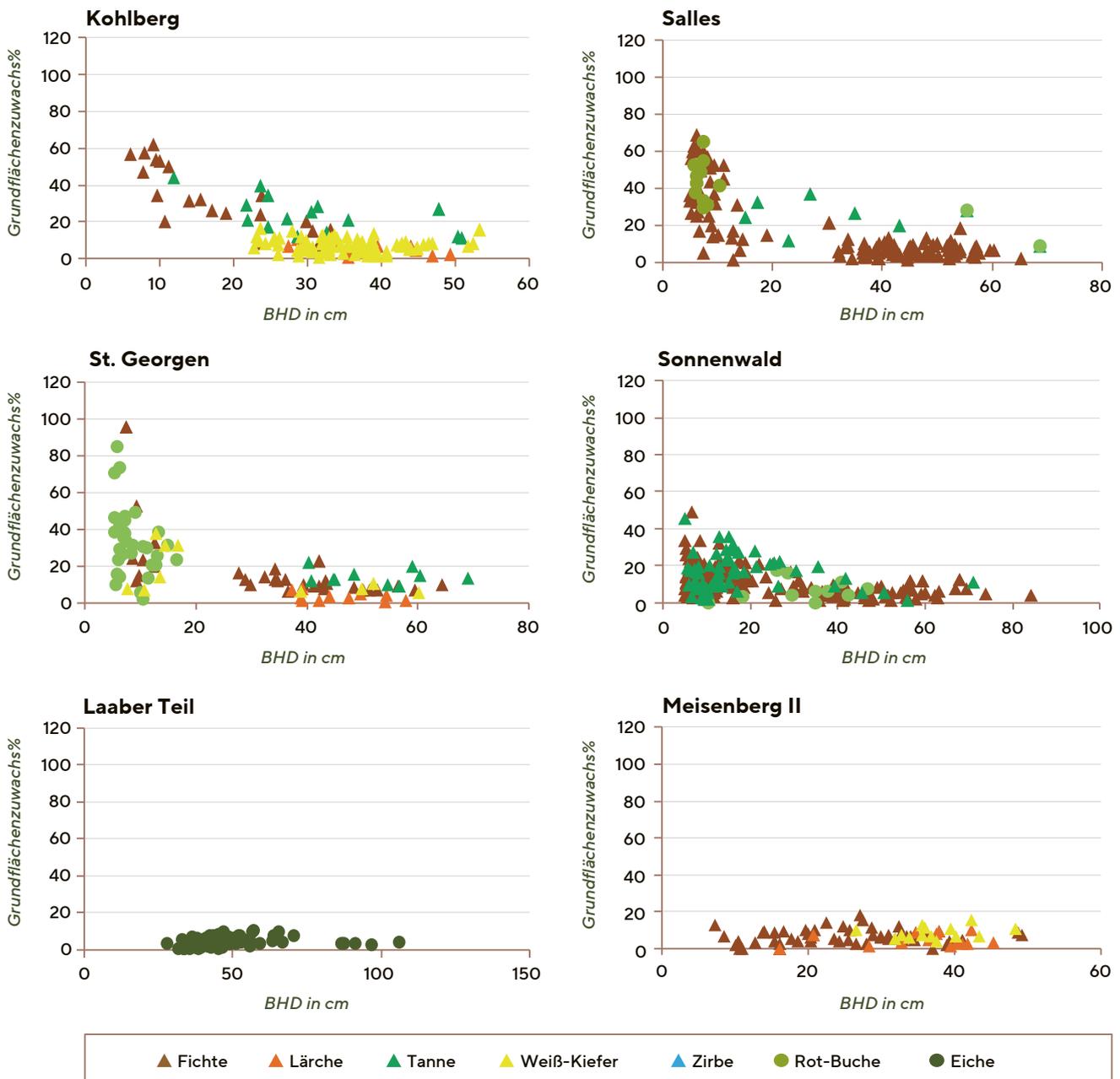


ABBILDUNG 18: Fortsetzung: Grundflächenzuwachs der Hauptbaumarten auf den ReSynatWald-Flächen nach einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren.

auch dezidiert beabsichtigt, um alte Altersklassenwald-Strukturen abzubauen. Ob eine Über- oder Unternutzung stattfindet, lässt sich zu diesem Zeitpunkt allerdings noch nicht abschließend feststellen, da sich die Bestände nach wie vor im Überführungszustand befinden und Zuwachs und Nutzungen über einen längeren Zeitraum beobachtet werden müssen. Darüber hinaus bildet der derzeitige Beobachtungszeitraum nur einen Bruchteil der

abgesetzten Nutzungsintervalle auf den Flächen ab, sodass vor allem auf geringwüchsigen Standorten (wie Kohlberg und St. Georgen) eine Evaluierung der Zuwachsnutzung erst später durchgeführt werden kann. Erst nach Beobachtung eines vollständigen Nutzungszyklus kann ein optimales Nutzungsintervall gefunden werden, welches sich aus den entnommenen Jahreszuwächsen ableitet (Reininger 2000).

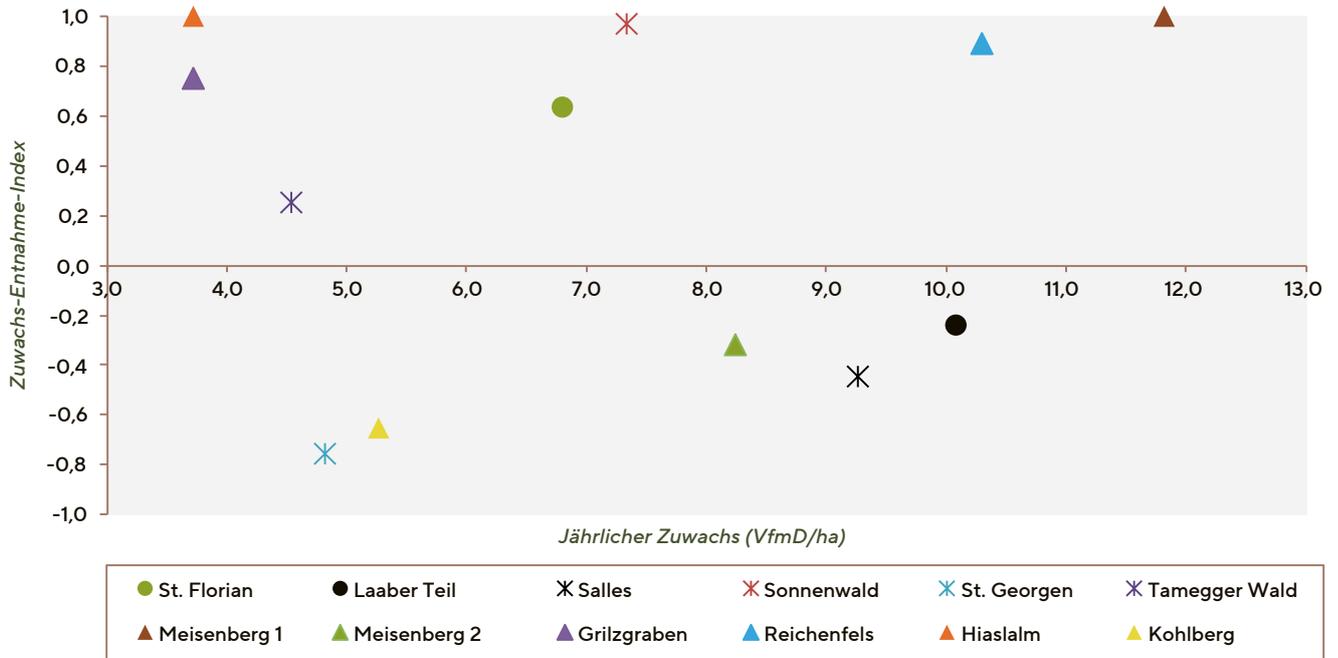


### INFOBOX für die Abbildung

$$\text{Zuwachs-Entnahme-Index (ZEI)} = \frac{Z_n - E_n}{Z_n + E_n} \quad (-1 < \text{ZEI} < 1)$$

$Z_n$  - Zuwachs über den Zeitraum  
 $E_n$  - Entnahme über den Zeitraum

(nach Harnack et al. 2022)



**ABBILDUNG 19:** Zuwachs-Entnahme-Index (in Anlehnung an den Zuwachs-Mortalitäts-Index in Naturwäldern, Harnack et al. 2022). Entnommene Bäume stellen hier keine Totholzanreicherung dar, da das Holz nicht im Bestand verbleibt. Die Reliabilität der Darstellung wird durch einen längeren Beobachtungszeitraum (mindestens ein Nutzungszyklus) erhöht.

## 10.5.2 Verjüngung

Die Eigentümer aller Referenzflächen bekennen sich in ihrer wirtschaftlichen Zielsetzung zur Ausnützung der kostenlosen Naturverjüngung. Diese muss beständig in einem Ausmaß vorhanden sein, dass ein kontinuierliches Einwachsen in den Hauptbestand gewährleistet werden kann. Dies ist vor allem für die ReSynatWald-Fläche Meisenberg 2 relevant, die aufgrund von früherer Streunutzung und der damit einhergehenden Verhagerung nur wenig Verjüngung aufweist. Die Fläche Hiaslalm wird in den Sommermonaten als Waldweide genutzt, was in diesem Fall jedoch eher einen positiven Effekt auf das Ankommen der Verjüngung hat: Der durch Trittschäden geschaffene Rohboden bietet optimale Keimbedingungen für Lärche.

Im Rahmen der Wiederholungsaufnahmen wurden Unregelmäßigkeiten in den Verjüngungsdynamiken auf allen Flächen festgestellt. So sanken die Pflanzanzahlen der mehrjährigen Verjüngung auf einem großen Teil der Flächen um bis zu 57% (Grilzgraben). Nur auf drei Flächen konnte eine Erhöhung der Verjüngung festgestellt werden (Meisenberg I + II und Kohlberg). Um diese Ergebnisse zu interpretieren, müssen die Veränderungen zunächst

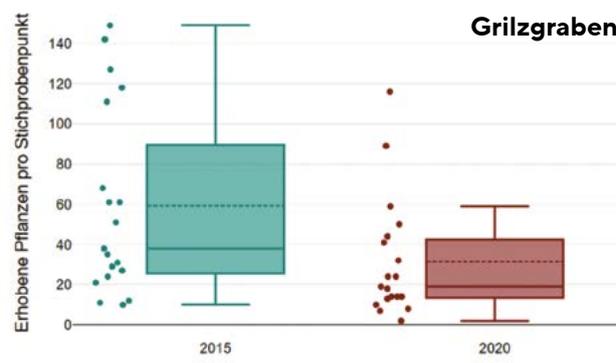
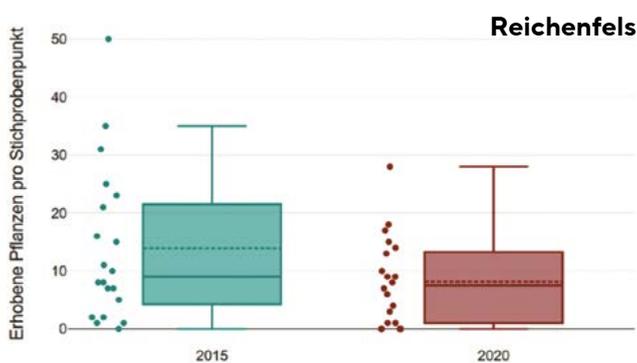
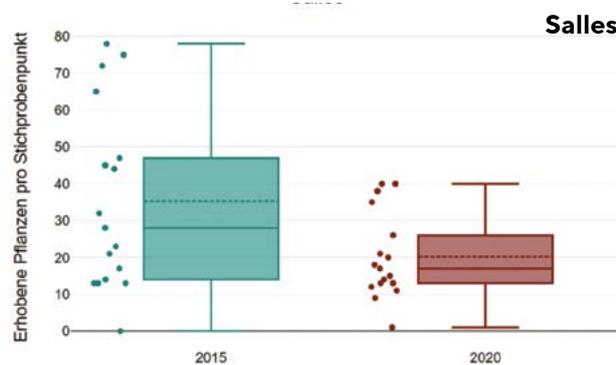
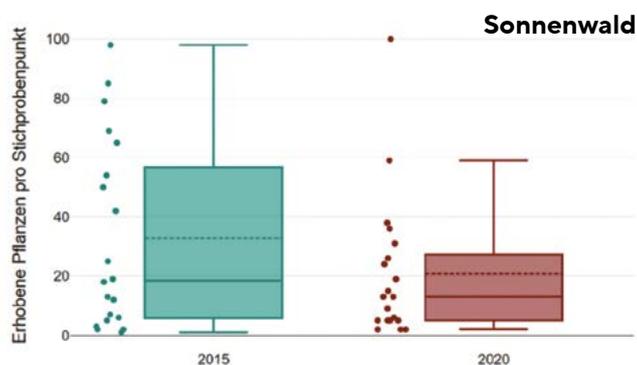
statistisch abgesichert und anschließend ökologisch erklärt werden. Dazu wurde der Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test angewendet.

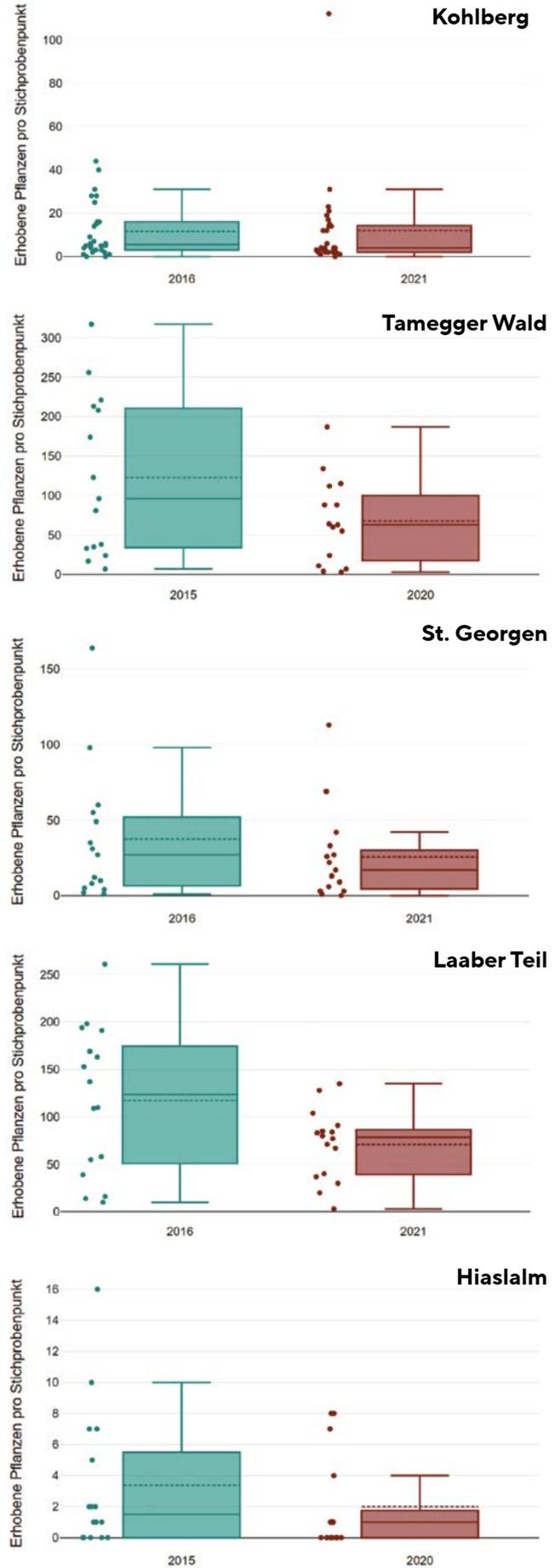
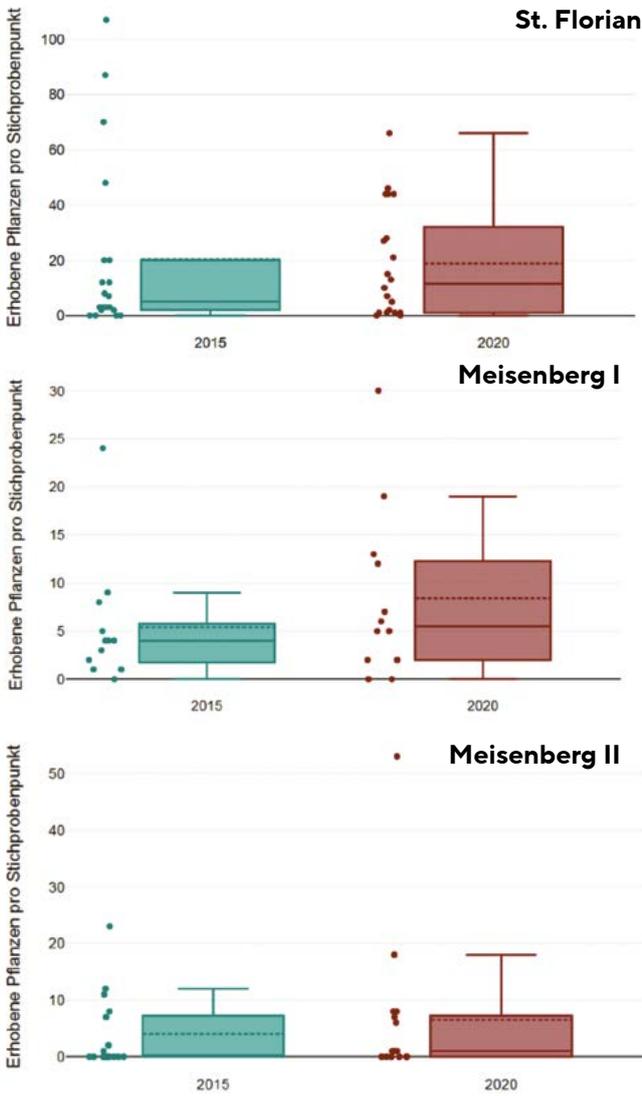
Für 7 der 12 Flächen ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Ersterhebung und Wiederholungsaufnahme in der Pflanzenanzahl der Verjüngung (vgl. Abbildung 20). Für 5 Flächen ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede, obwohl auch hier die Verjüngung um bis zu 41% (Reichenfels) abgenommen hat. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die mittlere Abweichung vom Erwartungswert in allen 7 Fällen, in denen statistische Unterschiede festgestellt werden können auch stark abnimmt. Das bedeutet, dass in der Wiederholungsaufnahme weniger Probestellen mit sehr hohen Pflanzzahlen (statistische Ausreißer) erhoben wurden.

### Zwischen Ersterhebung und Wiederholungsaufnahme existieren...

keine signifikanten Unterschiede  
(gleiche Mediane)

signifikante Unterschiede  
(ungleiche Mediane)





**ABBILDUNG 20:** Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichenrang-Tests und Streuung der Verjüngung pro Stichprobenpunkt auf den einzelnen ReSynatWald-Flächen in der Ersterhebung und der Wiederholungsaufnahme.



Buchenkeimling.

Es stellt sich die Frage, wie diese starken Veränderungen der Verjüngungszahlen seit 2015/2016 auf einem großen Teil der ReSynatWald-Flächen ökologisch erklärt werden können. Da verschiedene Personen an den Erhebungen beteiligt waren, aber eine eindeutige Erhebungsanleitung vorliegt, können methodische Fehler ausgeschlossen werden. Stichprobenartig wurden die Wiederholungsaufnahmen auf Genauigkeitsfehler im Vorgang der Felderhebungen mit negativem Ergebnis überprüft.

Naturverjüngung ist ein hoch dynamischer Prozess. Die Keimung der jungen Bäume wird von zahlreichen äußeren Faktoren beeinflusst: Mastjahre, Temperatur und Niederschlag in der Vegetationszeit, Änderungen der Lichtverhältnisse durch waldbauliche Eingriffe, Konkurrenzvegetation, Verbiss.

Über die möglichen Ursachen für die Verringerung der Verjüngung können momentan nur Vermutungen angestellt werden. Erst im Zuge weiterer Folgerhebungen können sich Trends und Korrelationen offenbaren, welche die Schwankungen in der Verjüngung erklären.

Einen großen Einfluss auf das Aufkommen und die Entwicklung der Verjüngung hat die Intensität des Wildverbisses. Auf Grundlage des Wildeinflussmonitorings 2019–2021 (Schodterer 2022) kann eine allgemeine Einschätzung der Verbissituation in den relevanten Bezirken vorgenommen werden. Grundsätzlich liegen alle ReSynatWald-Flächen in Bezirken, in denen die Verbissbelastung eine bedeutende Rolle spielt (vgl. Tabelle 7). In den Bezirken Feldkirchen und Wolfsberg hat sich der Verbissdruck im Vergleich zu früheren WEM jedoch deutlich verbessern können.

Die konkrete Verbissituation auf den ReSynatWald-Flächen kann sich je nach Bejagungsstrategie jedoch deutlich von den Ergebnissen des WEM unterscheiden und wurde während der Felderhebungen gesondert erhoben.

So stellt sich die Verbissbelastung sehr unterschiedlich dar, was sich auch in den diversen Bejagungsstrategien widerspiegelt (Gemeindejagd bis Eigenjagd). Insbesondere auf der Fläche Kohlberg wurde aufgrund der intensiven Bejagung ein deutlich geringerer Verbiss festgestellt, als im Zuge des WEM für den Bezirk ausgewertet wurde.

Generell wird das Aufkommen der Verjüngung in den Betrieben als gesichert eingeschätzt, was ein Ergebnis der strengen Anwendung der Eignungskriterien für die Auswahl der Beispielsbetriebe und Referenzflächen ist. Die höchsten Verbissprozente weisen Laub- und Mischbaumarten auf. Dies ist vor dem Hintergrund der eher nadelholzdominierten Bestände nicht überraschend.

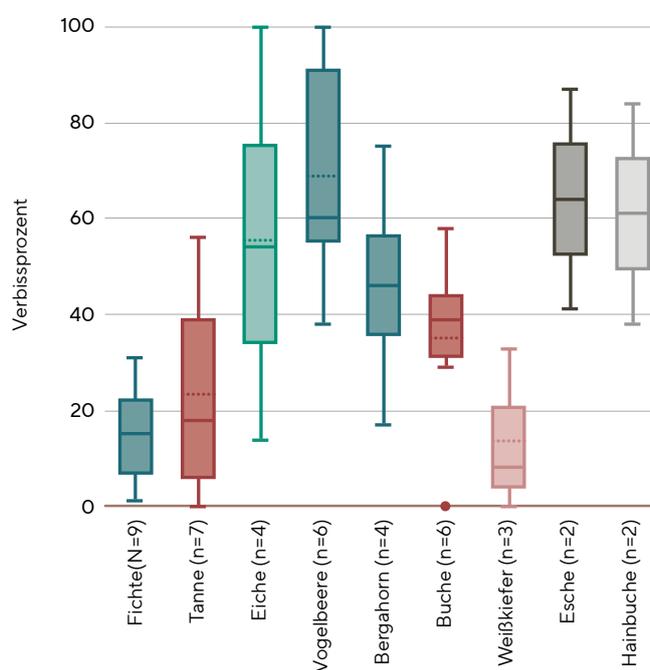


ABBILDUNG 21: Streuung der Verbissprozente der Hauptbaumart auf den ReSynatWald-Flächen (n=18).

TABELLE 7: Übersicht über den Wildeinfluss und deren Entwicklungstrends auf die Verjüngung aus dem aktuellen Wildeinflussmonitoring 2019-2022 (Schodterer 2022).

WEM-Bezirk	Feldkirchen	Wolfsberg	Neunkirchen	Rohrbach	Linz-Land	St. Veit a.d. Glan
ReSynatWald-Fläche	Grilzgraben, Hiaslalm, Meisenberg 1+2, Salles	Reichenfels	Kohlberg	Sonnenwald	St. Florian	St. Georgen, Tamegger Wald
Mittleres Wildeinflussniveau im Bezirk	1,5-2	1,5-2	>2,5	2,1-2,5	>2,5	2,1-2,5
Veränderung	>25%	>25%	>25%	10-25%	10-25%	<2%

Legende: 1-1,5: kein oder geringer Wildeinfluss, 1,51-2: mäßig schwacher Wildeinfluss, 2,01-2,5: mäßig starker Wildeinfluss, 2,51-3: starker Wildeinfluss, grün: Verbesserung, rot: Verschlechterung, grau: keine Veränderung.

### 10.5.3 Struktur und Stabilität

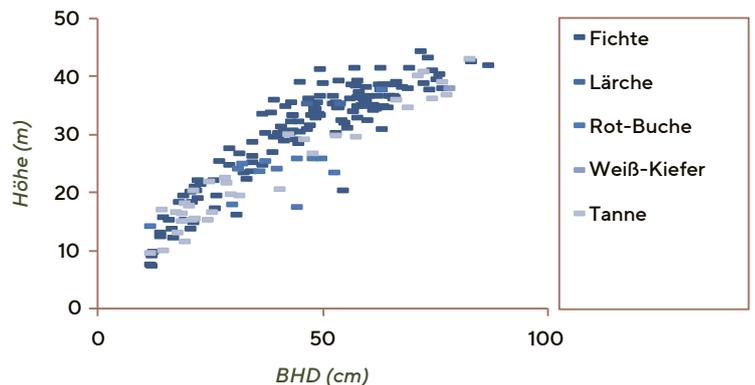
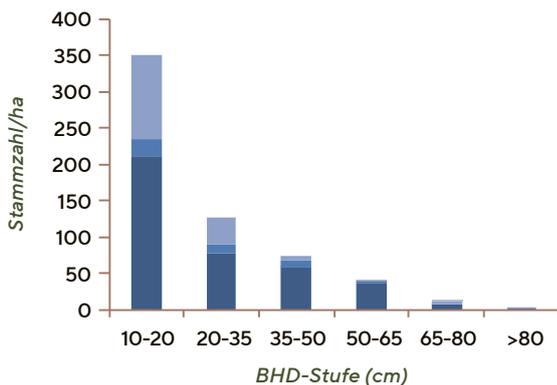
Die meisten Referenzbestände befinden sich noch im Überföhrungszustand vom Altersklassenwald und sind daher oftmals Zweischichtbestände. Die aus gleichförmigen Altersklassenwäldern hervorgegangene Oberschicht wird zunehmend durch die in die Unterschicht einwachsende Verjüngung unterwachsen. Diese Veränderungen werden im Vergleich zum schlagweisen Hochwald mit Blick auf die vertikale Strukturierung und die Stammzahlverteilung besonders deutlich.

In weiter fortgeschrittenen Stadien nähert sich die Stammzahlverteilung bereits einer Plenterstruktur und auch die vertikale Strukturierung geht in Richtung

Mehrstufigkeit (Sonnenwald, Sommereben, Katzelgraben, Buchau). Der bisherige Zeitraum der Dauerwald-Bewirtschaftung beeinflusst dabei nicht allein den Erfolg bzw. den Fortschritt der Überföhrung. Einen größeren Einfluss haben Bestandesgeschichte, die potenzielle natürliche Waldgesellschaft (im Vergleich zur aktuellen Baumartenzusammensetzung), die Eingriffsstärken und die Wüchsigkeit der Standorte.

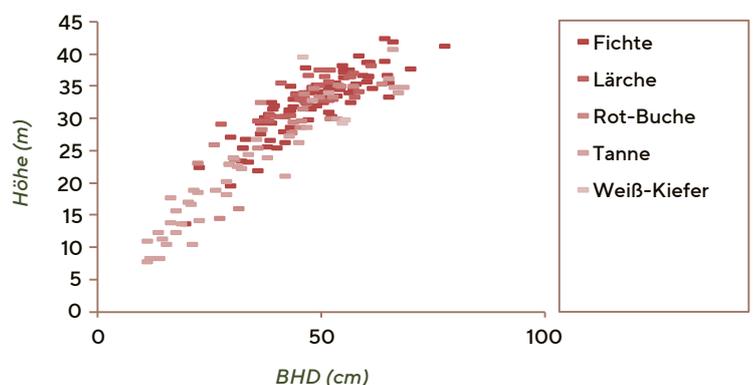
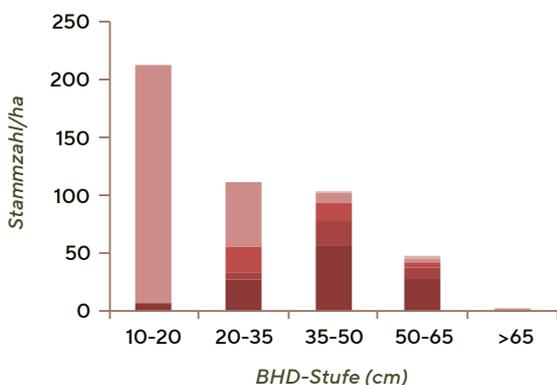
#### Sonnenwald

- Seit 60 Jahren nach Dauerwaldprinzipien bewirtschaftet
- Vor Dauerwaldbewirtschaftung: Saumschlagverfahren
- Eingriffe in den letzten 5 Jahren: Schadholzaufarbeitung im Schwachholz
- PNWG größtenteils gleich aktueller Waldgesellschaft (vgl. Tabelle 5)



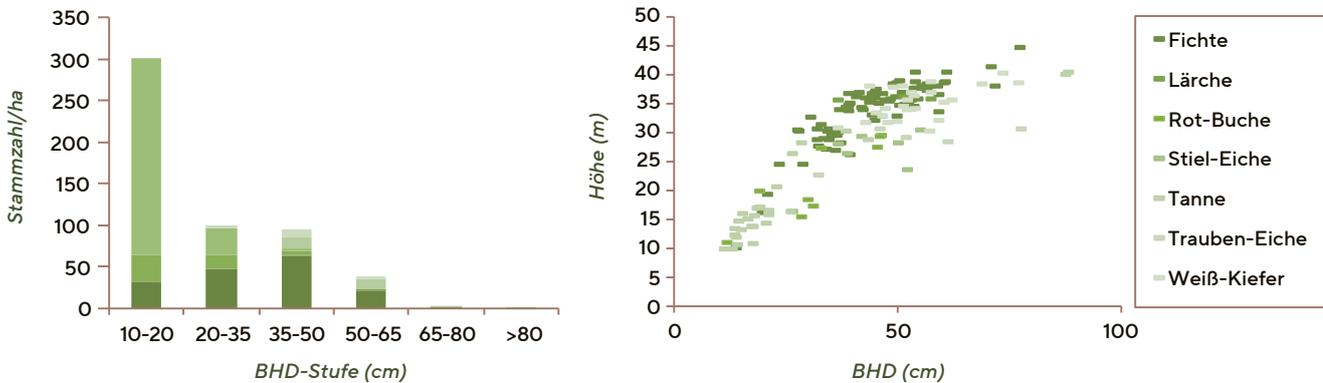
#### Sommereben

- Seit 50 Jahren nach Dauerwaldprinzipien bewirtschaftet
- Vor Dauerwaldbewirtschaftung: Saumschlagverfahren
- PNWG größtenteils gleich aktueller Waldgesellschaft (vgl. Tabelle 5)



## Katzelgraben

- Seit 50 Jahren nach Dauerwaldprinzipien bewirtschaftet
- Vor Dauerwaldbewirtschaftung: kleinflächige Kahlschläge
- PNWG teilweise gleich aktuelle Waldgesellschaft (vgl. Tabelle 5)



## Buchau

- Seit 40 Jahren nach Dauerwaldprinzipien bewirtschaftet
- Vor Dauerwaldbewirtschaftung: kleinflächige Nutzungen + Brennholzwerber
- PNWG größtenteils gleich aktuelle Waldgesellschaft (vgl. Tabelle 5)

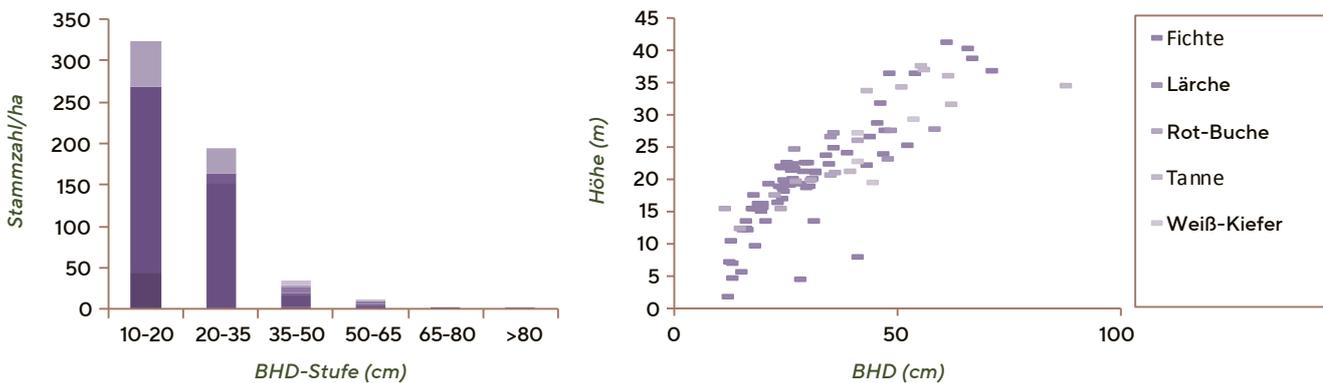
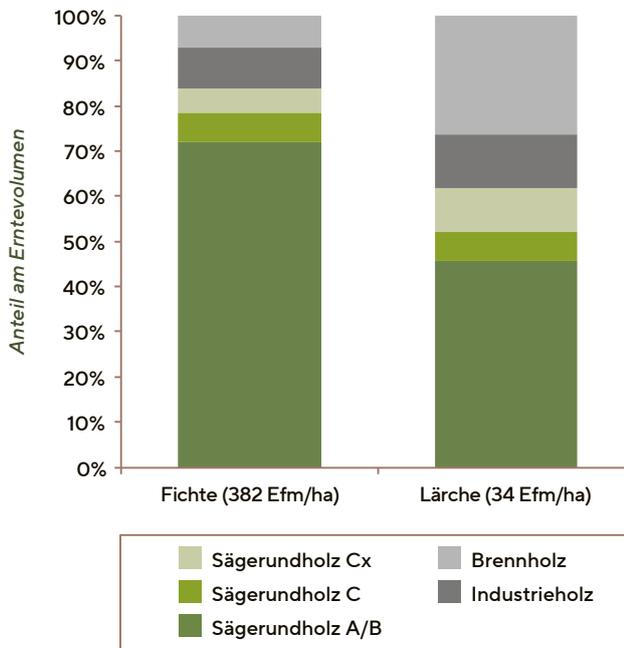


ABBILDUNG 22: Stammzahl- und Höhenverteilung in den besonders fortgeschrittene, strukturreiche Referenzbestände ausgewählter ReSynatWald-Flächen.

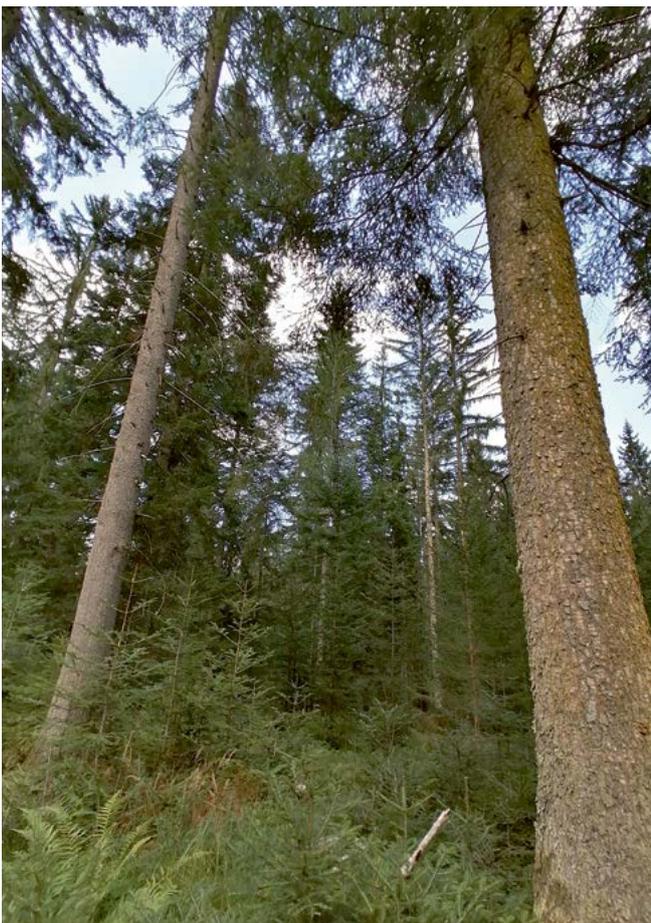
### 10.5.4 Sortimente und Qualitäten

Im Zuge der Ersterhebung wurden auch Qualitäten am stehenden Stamm angesprochen. Diese Ansprache wurde zwar nach festgelegten Kriterien durchgeführt, dennoch zeigten sich nach der Wiederholungsaufnahme große Unterschiede in den Qualitätsverteilungen. Eine Qualitätsansprache folgt dem Prinzip einer Auszeige, welche vor allem auf dem Fachwissen, der Erfahrung sowie der strategischen Vorgehensweise des Bewirtschafters basiert und somit subjektiv und vor allem erfahrungsbasiert ist. Diese Subjektivität der Auszeige wird vor allem

in Marteloskop-Übungen deutlich (vgl. Kapitel 9, Cosyns et al. 2020). Um also einen realistischen Einblick in die Strategie des Waldbewirtschafters erlangen zu können und die Entwicklung der Qualitäten mit längerem Bestehen der Dauerwaldbewirtschaftung zu analysieren, müsste der Bewirtschafters alle Probestämme selbst beurteilen und in Anteile von Qualitätsklassen einteilen. Da dies jedoch aus zeitlichen und Ressourcengründen nicht möglich ist, beziehen wir die Daten zur Sortierung und der Stammqualitäten aus den ökonomischen Protokollen der Betriebe. Auf der ReSynatWald-Fläche Referenzfläche 1 wurde in der ersten Erhebungsperiode



**ABBILDUNG 23:** Verteilung der Qualitäten der Erntestämme laut ökonomischem Protokoll aus den Entnahmen zwischen 2015–2020 auf der ReSynatWald-Fläche Referenzfläche 1 (anonymisiert) (für Weiß-Kiefer und Tanne können aufgrund geringer Erntemengen keine Aussagen über die Qualitäten getroffen werden).



Referenzfläche Gamsforst.

eine geplante Nutzung von Erntestämmen durchgeführt (vgl. Abbildung 23). Für die Analyse von Veränderungen in der Qualitätsverteilung ist es notwendig, auf die nächste reguläre Nutzung zu warten, um die Erntemengen sowie Sortimente vergleichen zu können.

### 10.5.5 Ausblick auf ertragskundliche Fragestellungen

Nach 5 Jahren konnten für 11 der 18 Flächen bereits erste Veränderungen festgestellt werden. Um in weiterer Folge Trends in der Bestandesdynamik abschätzen zu können, bisherige statische Ergebnisse zu validieren sowie die Auswirkungen äußerer Einflüsse (z.B. Trockenheit, Holzpreisschwankungen, Kalamitäten) auf die Managemententscheidungen abzubilden, muss der Beobachtungszeitraum verlängert werden. In Anlehnung an das schon länger bestehende AFI-Protokoll können nach 3 Beobachtungszyklen (=15 Jahre) folgende Fragestellungen beantwortet bzw. Indikatoren evaluiert werden (Susse et al. 2011):

- Wird der Zuwachs erfolgreich auf qualitativ hochwertige Stämme konzentriert? (Erhöhung des Anteils von A/B-Qualitäten an der Grundfläche)
- Vorratsentwicklung
- Wertzuwachs (stehender und potenzieller Wert)
- Resilienz bzw. Anpassungsfähigkeit an Klimawandel, Maß dafür:
  - Vorratszyklus (Jahre) (die benötigte Zeit, bis ein von Grund auf neuem Bestand gewachsen ist)
  - Wertzyklus (Jahre) (Wie lange braucht der Bestand, um das Investment durch Einnahmen bzw. der Steigerung des Kapitalwertes des Bestandes einzuholen?)
- Entwicklung des Unterstandes (Stammzahl Probekreis  $5 < x < 10 \text{ cm}$ ) und der Verjüngung ( $< 5 \text{ cm}$ )
- Einfluss extremer externer Effekte (Dürre, Wind, ...)
  - Einfluss von Baumartenvielfalt (können resistenter Baumarten die negativen Effekte durch gesteigerten Zuwachs abfangen?)
- Analyse der verschiedenen Bewirtschaftungsansätze hinsichtlich der unterschiedlichen Standorte über die aktuellen Waldgesellschaften hinaus (z.B. hydromorphologische Gradienten, Bodentypen, geologische Substrate)
- Wahl eines optimalen Nutzungsintervalls und Erntemenge

## 10.6 Dauerwaldbewirtschaftung und Betriebserfolg

### 10.6.1 Wirtschaftlichkeit

Nach den ersten 5 Jahren konnten 12 ökonomischen Protokolle ausgewertet werden, wobei auf 2 ReSynatWald-Flächen in dieser ersten Periode keinerlei Maßnahmen stattfanden. Trotz dieser kurzen Zeitspanne arbeiten fast alle Betriebe wirtschaftlich (Erlöse/Kosten >1) (vgl. und Abbildung 24). Die einzige Ausnahme bildet die Fläche

Referenzfläche 10 – hier gab es aufgrund ausbleibender Nutzungen keine Erlöse, Ausgaben für Einzelschutz (Fegeschutz für junge Buchen) sind hier allerdings ein jährlicher Fixposten. Ein anderer Betrieb konnte auf der Referenzfläche 1 mehr als das Vierfache der aufgewendeten Investitionen erwirtschaften. Wichtig ist, dass hier nur diejenigen Kosten und Erlöse betrachtet werden, die unmittelbar mit der Bewirtschaftung der ReSynatWald-Fläche zusammenhängen (DB 1). Steuern und Förderungen auf Betriebsebene sind ausgenommen, da diese unabhängig von der Bewirtschaftungsform sind.

TABELLE 8: Kosten und Erlöse pro Hektar der ReSynatWald-Flächen (anonymisiert) aus der ersten Beobachtungsperiode (5 Jahre).

ReSynatWald-Flächen	Kosten (€/ha)	Erlöse (€/ha)	Flächenergebnis (€/ha)	Wirtschaftlichkeit (Erlöse/Kosten)
Referenzfläche 1	1.584,53	7.153,00	5.568,47	4,5
Referenzfläche 2	1.051,04	3.396,52	2.345,48	3,2
Referenzfläche 3	2.281,64	6.745,66	4.464,02	3,0
Referenzfläche 4	132,32	297,76	165,44	2,3
Referenzfläche 5	1.215,01	2.609,53	1.394,52	2,1
Referenzfläche 6	1.345,05	2.679,61	1.334,56	2,0
Referenzfläche 7	580,52	1.036,99	456,47	1,8
Referenzfläche 8	654,36	1.101,09	446,73	1,7
Referenzfläche 9	1.030,21	1.406,35	376,14	1,4
Referenzfläche 10	133,33	-	-133,33	0
Referenzfläche 11	-	-	-	-
Referenzfläche 12	-	-	-	-

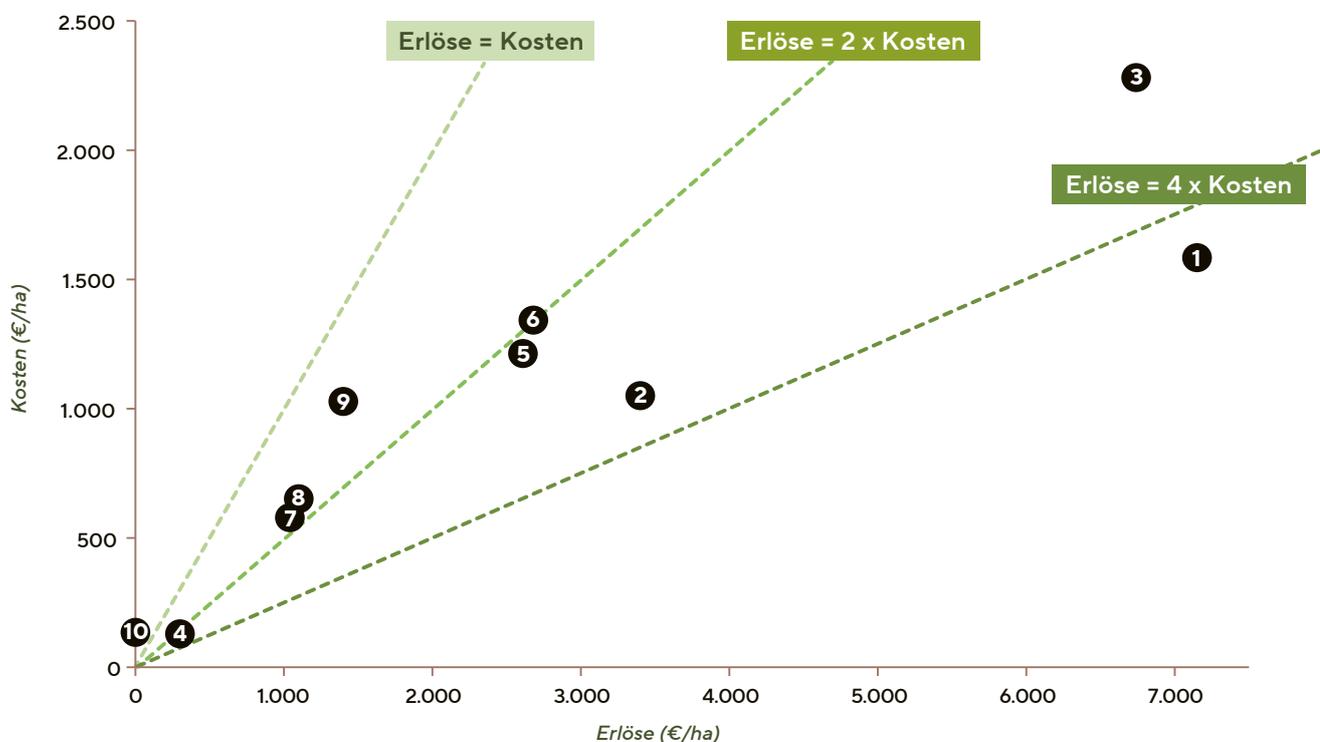


ABBILDUNG 24: Für die unmittelbare Bewirtschaftung relevante Kosten und Erlöse pro Hektar auf den ReSynatWald-Flächen (anonymisiert) in der ersten Beobachtungsperiode (5 Jahre) (ohne Referenzfläche 11 und 12, da keine Maßnahmen stattgefunden haben).

## 10.6.2 Verteilung der Kosten und Erlöse

Mehr als die Hälfte der Kosten verteilen sich gleichmäßig auf Erntemaßnahmen im Zuge von Hiebsreife, Kalamitätsnutzungen oder Pflegemaßnahmen in Form von Läuterungen (vgl. Abbildung 25). Läuterungen wurden jedoch nur auf einer Fläche (St. Georgen) als großer Kostenpunkt angeführt, da hier im Zuge des Managementplans intensiv in die bestehende Baumartenmischung eingegriffen wurde. Kalamitätsnutzungen fanden vor allem auf 4 Flächen (Sonnenwald, Grilzgraben, St. Florian, St. Georgen) statt, wobei hier Käferbäume und auch flächige Wildschäden hinzugezählt werden. Auch die Kosten für Auszeige sollten hier gesondert erwähnt werden, da sie im Vergleich zu Flächen- und Arbeitskontrollen eine große Rolle spielen. Eine eindeutige Aussage ist momentan noch nicht möglich, da einige Betriebe die Auszeige und die Flächenkontrolle als eine Kostenstelle führen und erst in der nächsten Periode genauer differenzieren. Momentan liegt der Arbeitsaufwand für die Auszeige zwischen 0,5 und 2,5 Stunden/Hektar/Jahr. Allerdings ist davon auszugehen, dass sich der Arbeitsaufwand und damit die Kosten der Auszeige in Dauerwaldbetrieben durch die genauere Protokollierung steigen werden.

Sonstige Kosten in der Holzernte bestehen aus den Kosten für die Beerntung von Tannen und Fichten (Tamegger Wald und St. Georgen). Sonstige Pflegekosten fielen auf einer Fläche (Meisenberg 2) an, da dort eine Bodenverwundung zur Verjüngungseinleitung durchgeführt wurde.

Bemerkenswert ist das komplette Fehlen von Pflanzkosten – die Naturverjüngung reicht in allen Betrieben aus. Auch Erschließungskosten für Wege-Neubau oder Instandhaltung von Rückewegen traten in diesem ersten Beobachtungszeitraum nicht auf. Diese Arbeiten werden wahrscheinlich erst im Zuge des längerfristigen Monitorings relevant.

Die Erlöse kommen zu fast 100% aus dem Verkauf von Holz – entweder aus regulären Ernten, Kalamitätsnutzungen oder Trassenhieben (vgl. Abbildung 26). Ein Betrieb erhält Förderungen für das Beernten von Tannen- und Fichtensamen auf den Flächen Tamegger Wald und St. Georgen. Förderungen spielen momentan noch keine große Rolle auf den Dauerwaldflächen, da es nur wenige relevante Förderungsangebote gibt. In der neuen österreichischen Biodiversitätsstrategie 2030+ (BML 2022) wird bereits eine stärkere Ausrichtung der waldbezogenen Förderprogramme an die Prinzipien der naturnahen Waldbewirtschaftung angestrebt. Erlöse aus dem Bereich Jagd sind momentan noch nicht berücksichtigt, da es noch kein einheitliches System zur Erfassung der Kosten und Erlöse für jagdliche Maßnahmen für einzelne Bestände in einem Betrieb gibt. Eine Möglichkeit zur Evaluierung von Jagd auf das Betriebsergebnis wäre die Beobachtung der Kosten von Zäunungen und Einzelschutz sowie der Entwicklung der Verjüngung und des Verbissprozentes durch gesteigerte Jagdaktivitäten.

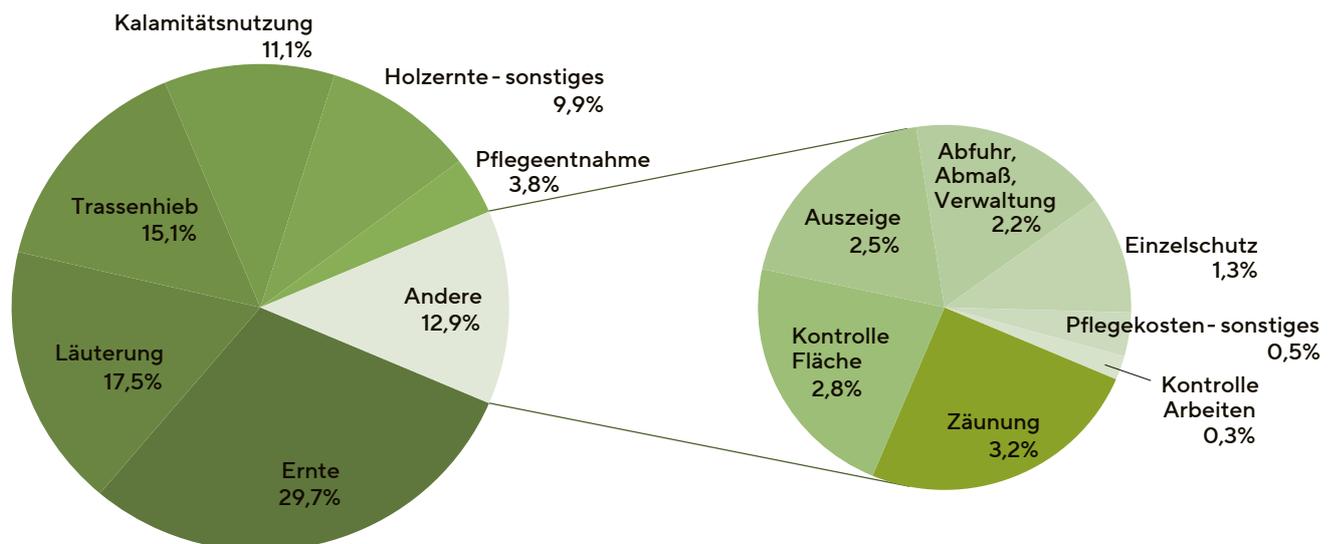
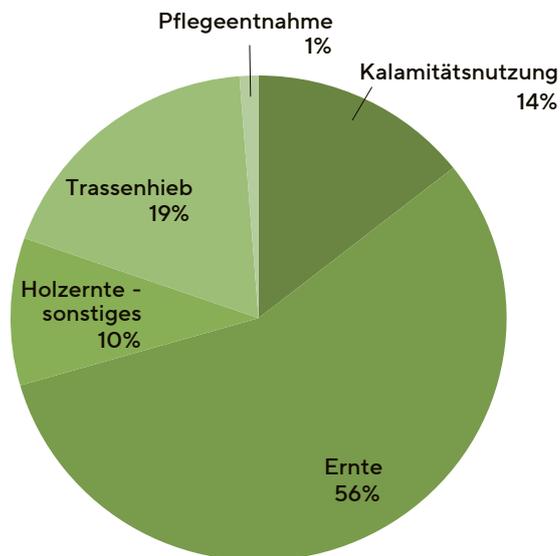


ABBILDUNG 25: Kostenaufteilung in 12 ReSynatWald-Flächen in der ersten Beobachtungsperiode (5 Jahre).



**ABBILDUNG 26:** Verteilung der Einnahmen in 12 ReSynatWald-Flächen in der ersten Beobachtungsperiode (5 Jahre).

### 10.6.3 Ausblick auf Fragestellungen zu Wirtschaftlichkeit und Betriebserfolg

- Welchen Einfluss haben äußere Faktoren (Zuwachs, Kalamitäten, Holzpreise) auf die Erntemengen?
- Erfolgt eine Umsatzsteigerung durch die Konzentration der Produktion auf qualitativ hochwertigere Stämme?
- Hat die flächige Verjüngung einen Einfluss auf die Erntekosten? (Pflege- und Durchforstungsmaßnahmen sollten mit konsequenter Dauerwaldbewirtschaftung kontinuierlich zurückgehen.)
- Sinken die Kalamitätskosten mit steigender Stabilität und Resilienz eines ungleichaltrigen Mischbestandes?
- Wie wirken sich die gewonnene Flexibilität und Adaptionsmöglichkeiten der Bewirtschaftungsform an Marktentwicklungen auf die Ökonomie des Betriebes aus?
- Wie teuer ist die einzelstammweise Auszeige und schlägt sich diese Investition in besseren Qualitäten der Zukunftsbäume nieder?
- Wie sehr vergrößern sich die Kosten aufgrund der größeren räumlichen Verteilung einzelner Erntestämme?

Zusätzlich können mit längerer Protokollierung auch andere Parameter zur ökonomischen Bewertung von Dauerwaldbewirtschaftung herangezogen werden, wie dem potenziellen Wert und der „financial rotation“ (Susse et al. 2010). Solche Berechnungen sind erst sinnvoll, wenn sich der Lebendholzvorrat nahe dem optimalen Vorrat befindet und die Beobachtungsperiode gleich dem Erntezyklus ist.

## 10.7 Dauerwaldbewirtschaftung und Erhaltung der Biodiversität

„Wenn schon ohne Bäume kein Wald zu denken ist, so besteht er doch sicher nicht aus Bäumen allein.“  
(Möller 1922)

Im Zuge der 2021 veröffentlichten Biodiversitätsstrategie der Europäischen Union geraten insbesondere Wälder als Quelle erneuerbarer Rohstoffe in den Fokus naturschutzfachlicher Belange. Grundgedanke ist, die europäische Waldfläche zu vergrößern und qualitativ zu verbessern und sie im Hinblick auf Klimaveränderungen ökologisch und sozio-ökonomisch resilienter zu machen. Konkret bedeutet dies das Anstreben einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung aller wirtschaftlich genutzten Wälder, welche sich an der lokalen, potenziell natürlichen Baumartenzusammensetzung orientiert und Naturverjüngung den Vorrang gibt (vgl. Europäische Kommission 2021, European Union 2023). Dies deckt sich mit einigen Grundsätzen der Dauerwald-Idee, doch spielte das Wort „Biodiversität“ zu Lebzeiten Alfred Möllers noch keine Rolle. Erst in den 1980er Jahren wurde es durch den Evolutionsbiologen Edward O. Wilson zum Gegenstand der Naturschutz- und Umweltforschung (Wilson & Peter 1988). Trotzdem sah auch schon Alfred Möller im Wald mehr als ausschließlich Bäume: Für ihn war er ein lebendiger Organismus, der seine Lebensfunktionen nur erfüllen kann, wenn alle seine Teile (Bäume, Bodenflora und -fauna, die Tierwelt und Pilze) gesund sind (Möller 1922). Diese Denkweise erinnert sehr stark an heutige Artenschutz-Bemühungen, welche eine Komponente der Biodiversität beschreibt. Neben der Orientierung an natürlichen Prozessen, einer standortsangepassten Baumartenwahl und extensiver Bewirtschaftung tragen vor allem die Ungleichaltrigkeit und die höhere Strukturvielfalt im Dauerwald zur Heterogenität von Lebensräumen für waldbewohnende Arten bei. Diese Parameter gelten damit als wichtigste Parameter für die faunistische Vielfalt (Scherzinger 1996).

Im ReSynatWald-Projekt wurden die Biodiversitätsindikatoren Totholz und Habitatbaummerkmale als biodiversitätsrelevante Strukturen aufgenommen. Dies ermöglicht eine Quantifizierung biologischer Vielfalt anhand forstlich beeinflussbarer Indikatoren. Die Menge und die Qualität von Totholz wurden in einem eigenen Erhebungsmodul nach Art (Stöcke/Stümpfe, liegendes Totholz und stehendes Totholz über 1,3 m) und Zersetzungsgrad aufgenommen. Habitatstrukturen an Bäumen wurden angelehnt an das TreM-Konzept („Tree-related microhabitat structures“, Larrieu et al. 2018) erfasst. Sie umfassen eine Auswahl an Mikrolebensräumen, die eine hohe Relevanz

für das Vorkommen von Waldarten besitzen. Anhand dieser Indikatoren kann ein Vergleich zu den österreichischen Naturwaldreservaten (NWR) und dem durchschnittlichen Ertragswald in Österreich (ÖWI 2016/18, Gschwantner 2019) vorgenommen werden.

### 10.7.1 Totholz

Totholz ist Teil einer natürlichen Waldentwicklung. Im Naturwald ist viel Totholz vor allem ein Indikator der Zerfallphase und des Zusammenbruchs (Scherzinger 1996). Doch kommen diese reifen Entwicklungsphasen im Wirtschaftswald in der Regel nicht vor. Die auf Wertholz ausgerichteten Auszeigekriterien in der Entnahme beinhalten gezielt Bäume, welche im Vergleich zu ihren Nachbarn weniger vital sind. Daraus resultieren Bestände mit wenigen alten Bäumen und wenig natürlicher Mortalität (Bollmann et al. 2009).

Dies wird mit Blick auf die unterdurchschnittlichen Totholz mengen auf den ReSynatWald-Flächen deutlich: Im Vergleich zur ÖWI 2016/18 weisen die Flächen mit durchschnittlich 20,2 m<sup>3</sup>/ha eine um knapp 11 m<sup>3</sup>/ha

geringere Totholzmenge auf (Gschwantner 2019). Im Vergleich zu Durchschnittswerten in Naturwaldreservaten (NWR) werden die Unterschiede noch einmal deutlicher (vgl. Tabelle 9). Die Totholz vorräte, insbesondere liegendes Totholz, sind in NWR naturgemäß wesentlich höher, allerdings ist eine Vergleichbarkeit wegen ungleicher Standorte nicht immer direkt möglich. Insgesamt ist der Totholzreichtum auf den ReSynatWald-Flächen sehr variabel, aber im Allgemeinen niedrig.

Eine auffällige Ausnahme bildet die Referenzfläche Lainzer Tiergarten - Laaber Teil (aktuell Hainbuchen-Traubeneichenwald auf potenziellem Waldmeister - Buchenwaldstandort): In diesem Fall handelt es sich um einen Altbestand, der erst am Beginn der Überführung in Dauerwald steht. Die konkurrenzbedingte Mortalität ist durch den Dichtstand hoch wirksam und führt zu überdurchschnittlich viel stehendem und liegendem Totholz. Hingegen ist bei den meisten bereits fortgeschrittenen Überführungsbeständen die konkurrenzbedingte Mortalität durch den verminderten Dichtstand und die gute Kronenausbildung gering.

**TABELLE 9:** Vergleich der Totholz mengen auf den ReSynatWald-Flächen mit den Daten aus der ÖWI 2016/18 (Gschwantner 2019) und dem österreichischen Naturwaldreservateprogramm (Oettel et al. 2020).

Totholz (m <sup>3</sup> /ha)	ReSynat Gesamt	ÖWI Ertrags- wald 2016/18	Fichten-Tannen- Buchen-Wald		Nadelholz-dominierte Waldgesellschaften		Laubholz-dominierte Waldgesellschaften	
			ReSynat	NWR	ReSynat	NWR	ReSynat	NWR
Stehend (inkl. Stöcke)	13,8	18,4	14,5	20	12,3	12,9	14,2	5,6
Liegend	6,4	12,5	5,3	89	3,8	16,5	14,1	86,3
Gesamt	20,2	30,9	19,8	109	16,1	29,4*	28,3	91,9
Anzahl der Stichproben	309	~5.500	103	114	136	64	70	31

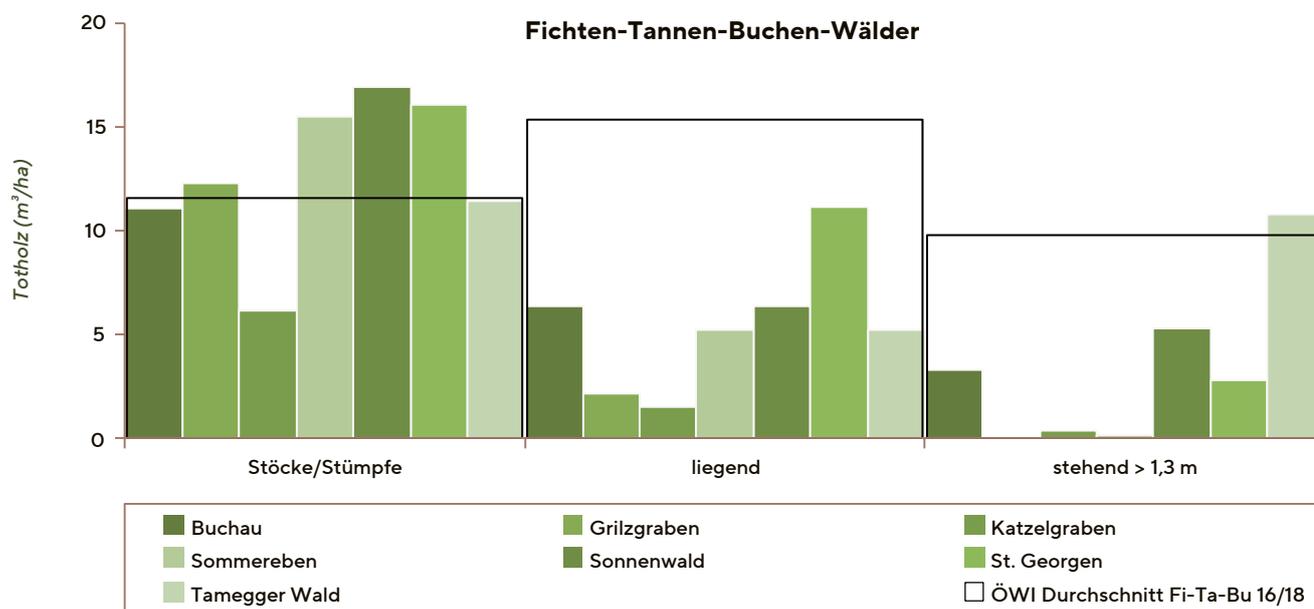
\*Durchschnittswert aus Lärchenwäldern und Karbonat-Kiefern-Wäldern



Totholz in der Referenzfläche Buchau.

**TABELLE 10:** Totholzvorräte differenziert nach Stöcken/Stümpfen, stehendem Totholz >1,3 m und liegendem Totholz, Gesamtvorräte auf den Referenzflächen im potenziellen Fichten-Tannen-Buchen-Wald.

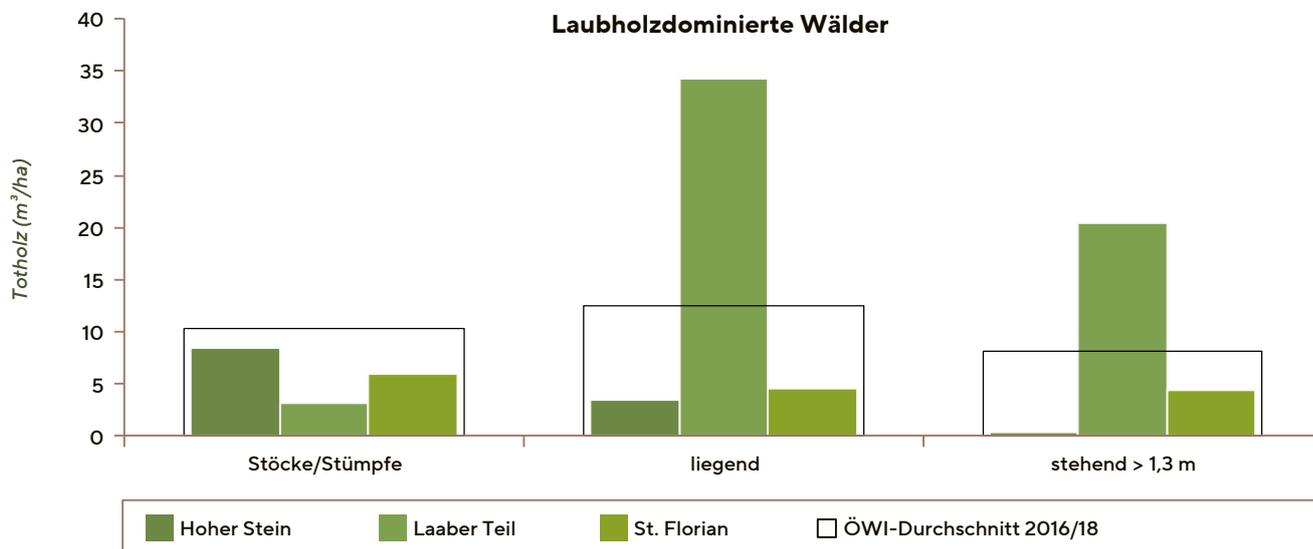
Referenzfläche	Stöcke Stümpfe (m <sup>3</sup> /ha)	Liegend (m <sup>3</sup> /ha)	Stehend > 1.3m (m <sup>3</sup> /ha)	Gesamt (m <sup>3</sup> /ha)	in % des Lebendholzvorrats
Buchau	11,1	6,4	3,3	20,8	8,0
Grilzgraben	12,3	2,2	0,0	14,5	3,0
Katzelgraben	6,1	1,5	0,4	8,0	1,6
Sommereben	15,5	5,3	0,2	20,9	4,1
Sonnenwald	16,9	6,4	5,3	28,6	5,7
St. Georgen	16,1	11,2	2,8	30,0	8,8
Tamegger Wald	11,5	5,3	10,8	27,6	5,9



Totholz, Moderholz.

**TABELLE 11:** Totholzvorräte differenziert nach Stöcken/Stümpfen, stehendem Totholz >1,3 m und liegendem Totholz, Gesamtvorräte auf den Referenzflächen in laubholzdominierten Wäldern.

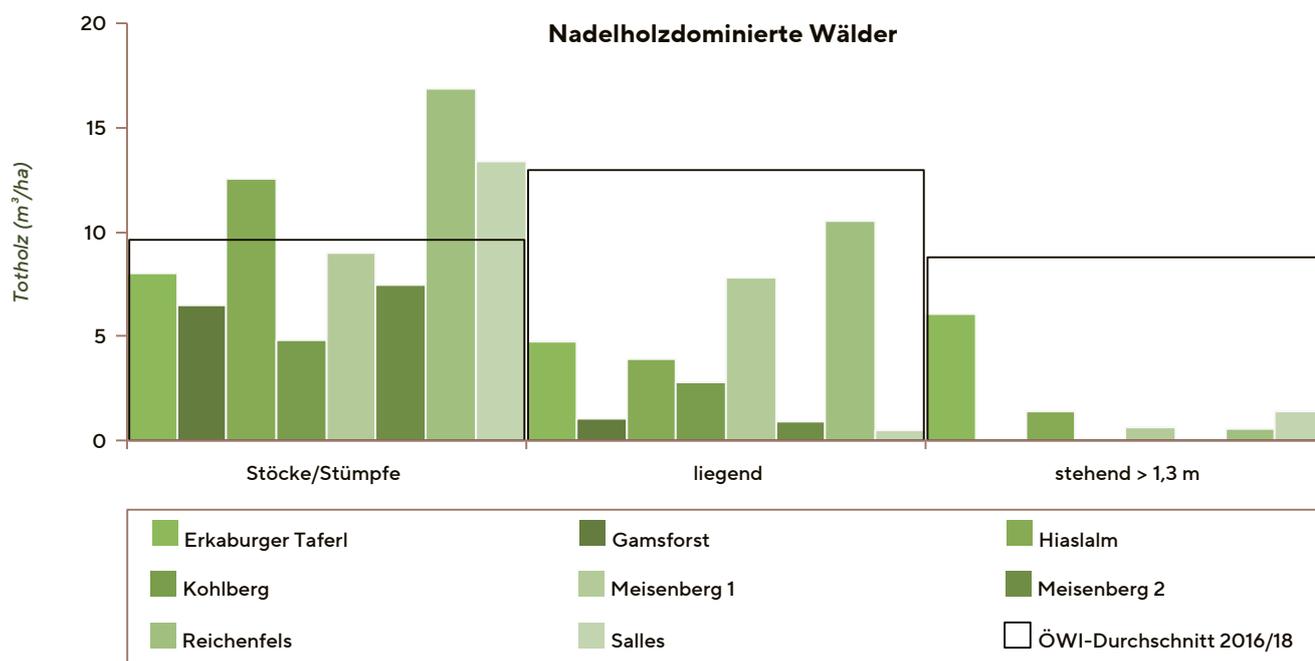
Referenzfläche	Stöcke Stümpfe (m <sup>3</sup> /ha)	Liegend (m <sup>3</sup> /ha)	Stehend > 1.3m (m <sup>3</sup> /ha)	Gesamt (m <sup>3</sup> /ha)	in % des Lebendholzvorrats
Hoher Stein	8,4	3,4	0,3	12,1	5,9
Laaber Teil	3,2	34,2	20,4	57,8	9,7
St. Florian	6,0	4,6	4,5	15,0	3,2



Totholz in der Referenzfläche Grilzgraben.

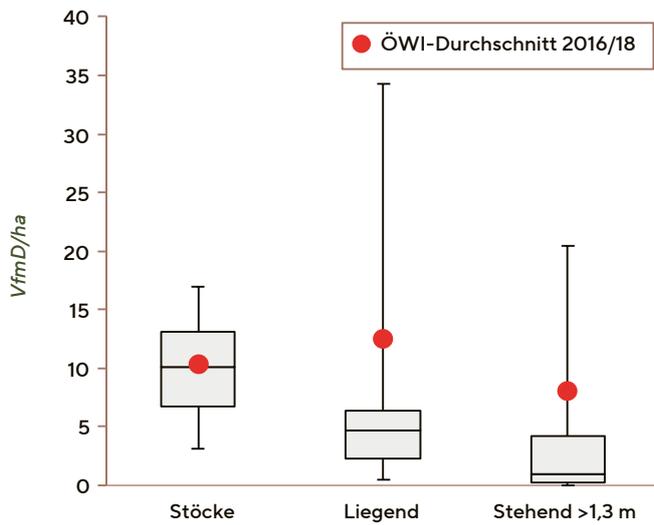
**TABELLE 12:** Totholzvorräte differenziert nach Stöcken/Stümpfen, stehendem Totholz >1,3 m und liegendem Totholz, Gesamtvorräte auf den Referenzflächen in nadelholzdominierten Wäldern.

Referenzfläche	Stöcke Stümpfe (m <sup>3</sup> /ha)	Liegend (m <sup>3</sup> /ha)	Stehend > 1.3m (m <sup>3</sup> /ha)	Gesamt (m <sup>3</sup> /ha)	in % des Lebendholzvorrats
Erkaberger Taferl	8,0	4,8	6,1	18,9	3,6
Gamsforst	6,5	1,0	0,0	7,5	1,7
Hiaslalm	12,6	3,9	1,4	17,9	9,9
Kohlberg	4,8	2,8	0,0	7,6	3,1
Meisenberg 1	9	7,8	0,6	17,4	3,7
Meisenberg 2	7,5	0,9	0	8,4	1,9
Reichenfels	16,9	10,6	0,6	28,0	5,5
Salles	13,4	0,5	1,4	15,2	2,7

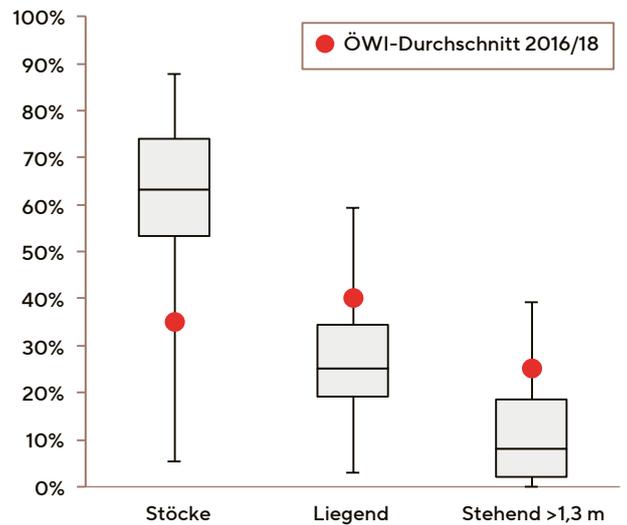


Auch im Hinblick auf die Verteilung des Totholzes zeigen sich Unterschiede zum durchschnittlichen österreichischen Ertragswald: In der ÖWI 2016/18 entfallen ca. 40% auf liegendes Totholz, 35% auf Stöcke und Stümpfe und 25% auf stehendes Totholz über 1,3 m. In den ReSynatwald-Referenzbeständen wird der größte Anteil am Totholz über einen großen Teil der Flächen hinweg von Stöcken gebildet, die zwangsläufig nach Erntemaßnahmen übrigbleiben. Die Fläche Laaber Teil ausgenommen, liegt dieser Anteil auf den ReSynat-Flächen zwischen 40–89%. Liegendes Totholz ist oft nur Schlagrücklass mit Mittendurchmesser <30 cm. Hier liegt der Anteil auf den ReSynat-Flächen (mit Ausnahme der Fläche Laaber Teil) zwischen 3–45%. Das kaum vorhandene stehende Totholz über 1,3 m Höhe ist zwischen 0–39% am gesamten Totholz vertreten. Auf 9 Flächen kommt gar kein bzw. nur sehr wenig (<1m<sup>3</sup>/ha) stehendes Totholz vor (vgl. Abbildung 27 & Abbildung 28).

Etwa 1/4 aller Waldarten sind direkt oder indirekt von einem ausreichenden Totholzangebot abhängig (Siitonen 2001, Schuck et al. 2004). Dabei ist nicht nur die Menge entscheidend – ökologisch bedeutsam ist auch die Durchmesser- und Höhenverteilung. Je größer das Angebot an verschiedenen Durchmessern, desto vielfältiger die Habitatausstattung für bestimmte Arten (Gossner et al. 2013). Auf den ReSynatWald-Flächen sind die mittleren Durchmesser des aufgenommenen Totholzes eher gering. Insbesondere im liegenden Totholz – welches vermehrt aus kleindimensionalem Schlagrücklass besteht – werden kaum Durchmesser über 20 cm erreicht (vgl. Abbildung 29). Auch hier wird deutlich, dass der größte Anteil mit den stärksten Dimensionen als Überbleibsel aus vergangenen Nutzungen (Stöcke) anfällt. Dürrständer über 1,3 m Höhe weisen hingegen großteils lediglich Durchmesser bis 40 cm auf.

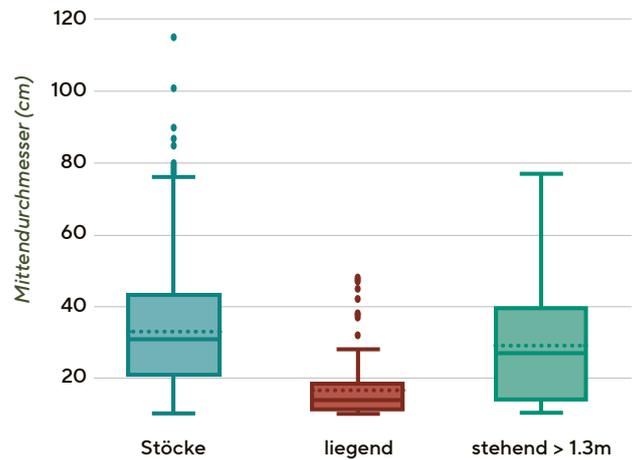


**ABBILDUNG 27:** Durchschnittlicher Totholzvorrat nach Kategorie auf den 18 ReSynatWald-Flächen im Vergleich zum österreichischen Durchschnitt im Ertragswald (ÖWI 2016/18, Gschwantner 2019).



**ABBILDUNG 28:** Verteilung der Totholz-kategorien auf den 18 ReSynatWald-Flächen im Vergleich zum österreichischen Durchschnitt im Ertragswald (ÖWI 2016/18, Gschwantner 2019).

Natürliche Mortalität ist im Dauerwald normalerweise nicht Teil des Betriebsziels. Wenn Bäume weniger vital werden oder im Zuwachs zurückgehen, werden sie entnommen, um Platz für Zukunftsbäume zu machen. In dieser Hinsicht ist die klassische Dauerwaldbewirtschaftung nicht totholzfreundlich. Die natürliche Totholz-Anreicherung im Jahr liegt bei einem Großteil der Beobachtungsflächen bei maximal 1 m<sup>3</sup>/ha – in vielen Fällen sogar darunter (vgl. Abbildung 30). Lediglich Laaber Teil weist eine höhere Totholz-Anreicherung (2-5 m<sup>3</sup>/ha/Jahr) und den niedrigsten Zuwachs-Mortalitäts-Index im Vergleich zu den anderen Flächen auf. Um dem Nachhaltigkeits-Ziel "Erhaltung und Förderung der Biodiversität" gerecht zu werden, ist eine gezielte Totholz-anreicherung durch Belassen von aus wirtschaftlicher Sicht qualitativ geringwertigen Stämmen, die aber gleichzeitig hohe Habitatbaumqualitäten aufweisen, erforderlich.



**ABBILDUNG 29:** Durchmesserstreuung der aufgenommenen Totholz-kategorien. Der größte Teil liegt unter dem Schwellenwert von 30 cm.



Totholz.

INFOBOX für die Abbildung



$$\text{Zuwachs-Mortalitäts-Index (ZMI)} = \frac{Z_n - Mn_n}{Z_n + Mn_n} \quad (-1 < ZMI < 1)$$

$Z_n$  – Zuwachs über den Zeitraum  
 $E_n$  – Mortalität über den Zeitraum

(nach Harnack et al. 2022)

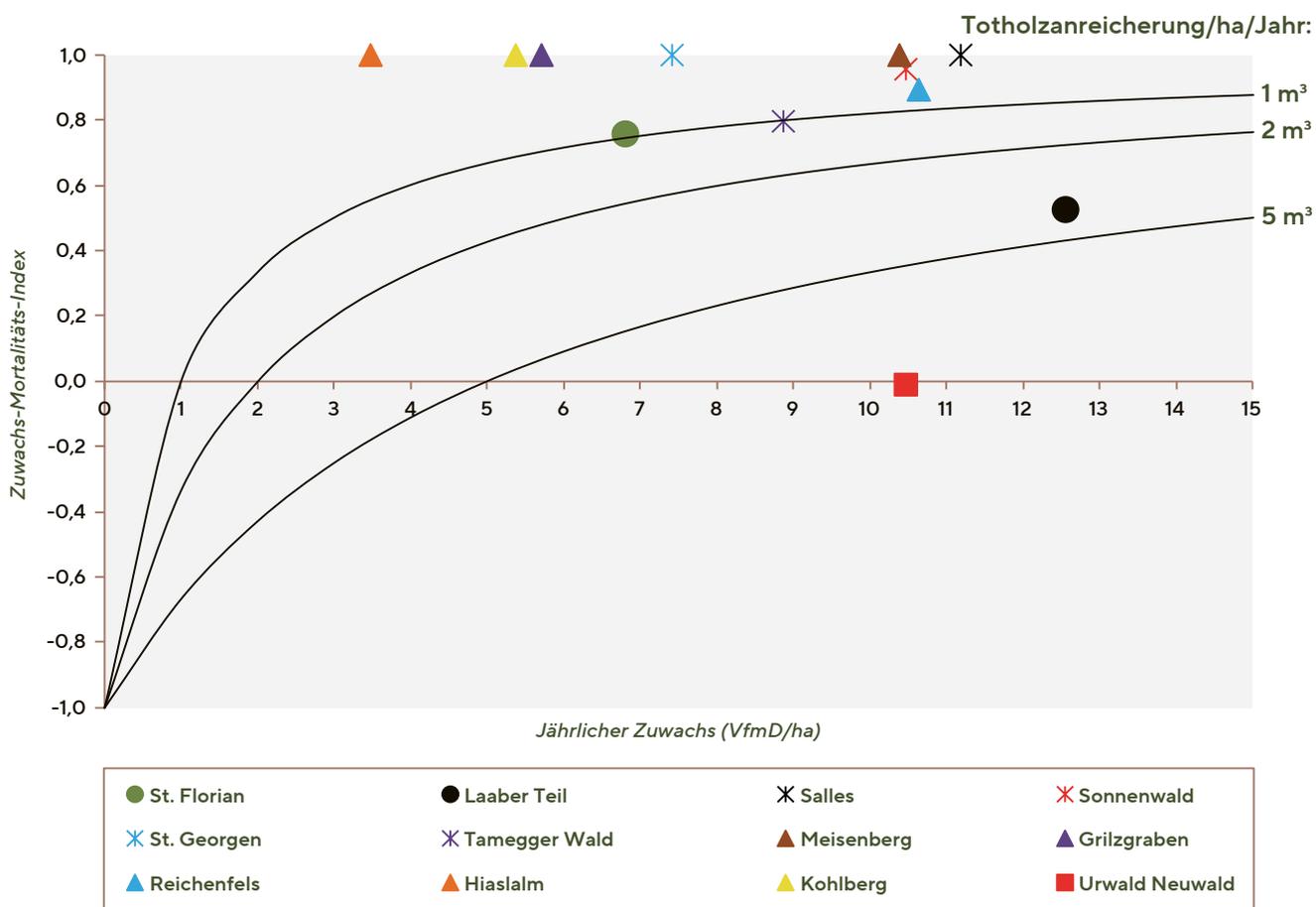


ABBILDUNG 30: Zuwachs-Mortalitäts-Index mit natürlicher Mortalität auf den ReSynat-Flächen. Alle Flächen befinden sich in einer Aufbauphase mit nur sehr geringer Totholz-Anreicherung.



Referenzfläche Sonnenwald.

## 10.7.2 Habitatbäume

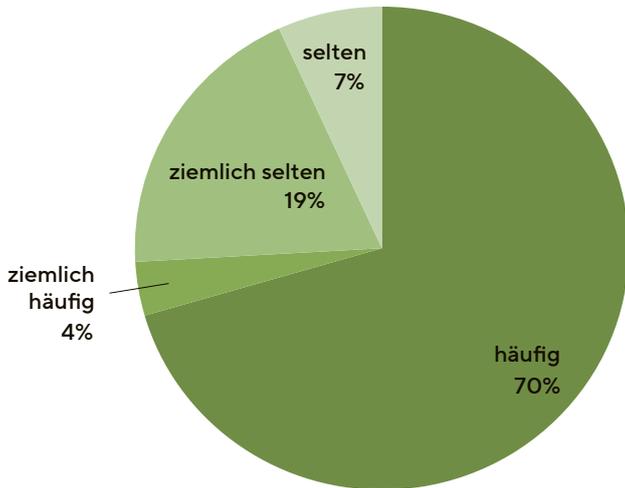
Naturnahe Waldbewirtschaftung setzt auf biologische Automaten durch Naturverjüngung und geringste Pflegeaufwände, nutzt somit natürliche Dynamiken aus. Die periodische Entnahme kleinerer Holzmengen entspricht aus waldökologischer Sicht kleineren natürlichen Störungen. Allerdings ist die Bewirtschaftung nach Dauerwaldprinzipien kein Garant für das Auftreten von Habitatstrukturen an Bäumen (vgl. TreM-Konzept, Tree-related microhabitats, Larrieu et al. 2018). Dies wird im Hinblick auf die Verteilung von Habitatbäumen und -strukturvielfalt auf den ReSynatWald-Flächen deutlich. Neben der Baumartenzusammensetzung sind vor allem auch konkrete Bewirtschaftungsmaßnahmen bedeutsam für das Vorkommen von Mikrohabitaten im Wald (vgl. Tabelle 13). In der Referenzfläche Lainzer Tiergarten-Laaber Teil ist mit 53% der Anteil an Habitatbäumen besonders hoch, was auf die Dominanz von Alteichen zurückzuführen ist. Die nadelholzdominierten Flächen Gamsforst und Meisenberg 1 sind hingegen jene zwei Flächen, auf welchen kein Habitatbaum festgestellt werden konnte. Generell scheint (mit wenigen Ausnahmen) mit steigendem Fichtenanteil, die Habitatbaumdichte zu sinken – diese Vermutung sollte allerdings in einer größer angelegten Studie untersucht werden.

Die Habitatbaumeignung gibt ein uneinheitliches Bild je nach Eignung für Wirbellose und Pilze (Faulstellen und Konsolenbäume, Kronentotholz, Mulmbäume), Wirbeltiere (Höhlenbäume, Spaltenquartiere, Nistbäume) und Sonderformen (Uraltbäume, Epiphytenbäume, Solitäre, bizarre Elemente, seltene Baumarten). Grundsätzlich ist festzuhalten, dass 70% der erhobenen Habitate in Studien (Bütler et al 2020) als „häufig“ im Wirtschaftswald klassifiziert werden, da sie eine vergleichsweise kurze Entstehungszeit haben (z.B. Faulstellen und Verletzungen, Stamm- und Kronenepiphyten, Bohrlöcher, Fraßlöcher). Rund ein Viertel der vorgefundenen Habitate sind allgemein eher selten im Wirtschaftswald vertreten, wie Pilzfruchtkörper, Flechten, Stamm- und Mulmhöhlen und Uraltbäume (vgl. Abbildung 31).

Die Habitatkontinuität, somit die ununterbrochene Bestockung einer Fläche, die standörtliche Vielfalt und das Zulassen von natürlichen Prozessen sind wesentliche Voraussetzungen für die biologische Vielfalt (Bollmann 2011). Allerdings ist das Auftreten von Habitatbaummerkmalen im Hinblick auf ihr zahlreiches Vorkommen auf intensiv bewirtschafteten Flächen (z.B. Mittelwälder, Niederwälder, Waldweiden) nur beschränkt mit Naturnähe korreliert (ebd.). Auch Möller war überzeugt, dass nur ein intaktes Ökosystem die Grundlage für eine

**TABELLE 13:** Anteil der Habitatbäume an den aufgenommenen Baumindividuen der WZP.

Waldtyp	ReSynat-Fläche	Habitatbäume	Bäume gesamt	Anteil (%)
		Stammzahl pro Hektar		
Laubholz dominierte Wälder	Hoher Stein	6	120	5%
	St. Florian	20	308	6%
	Laaber Teil	174	327	53%
Fichten-Tannen-Buchen-Wälder	Buchau	138	665	21%
	Grilzgraben	9	297	3%
	Katzelgraben	11	538	2%
	Sommereben	7	479	1%
	Sonnenwald	35	637	5%
	St. Georgen	2	317	1%
	Tamegger Wald	145	492	29%
Nadelholz dominierte Wälder	Erkaburger Taferl	15	298	5%
	Gamsforst	0	300	0%
	Hiaslalm	58	366	16%
	Kohlberg	42	279	15%
	Meisenberg 1	0	566	0%
	Meisenberg 2	9	447	2%
	Reichenfels	3	347	1%
	Salles	2	421	0%



**ABBILDUNG 31:** In den Referenzflächen vorgefundene Baummikrohabitate nach Auftrittshäufigkeit in Wirtschaftswäldern (nach Bütler 2020).

erfolgreiche und produktive Waldbewirtschaftung darstellen kann. Dies soll durch die Ausnutzung natürlicher Prozesse („biologische Automation“) geschehen, standortsangepasste Baumartenmischungen, mäßig-starken Eingriffen verteilt auf die ganze Waldfläche, sodass „der

Wald es gar nicht bemerkt“. Ein so bewirtschafteter Wald weist daher zwangsläufig Waldbilder und Strukturen, die eher an Naturwälder als an konventionelle Wirtschaftswälder erinnern. Jedoch widerspricht auch Möller der Annahme, dass das Ziel der Dauerwaldbewirtschaftung im Sinne von „zurück zur Natur“ verstanden wird – sein Ziel ist eindeutig die nachhaltig größtmöglich Holzwert-erzeugung durch das Ausnutzen natürlicher Dynamiken. Die Imitation von natürlichen kleinflächigen Störungen im Dauerwald unterscheidet sich von natürlichen Störungen in Urwäldern dadurch, dass sie regelmäßig und in kurzen Zeitspannen stattfinden, wobei Zukunftsstämme gezielt genutzt und gefördert werden (Bollmann 2011). Qualitativ minderwertige Stämme, die durch Stammverletzungen oder ungeradem Wuchs oft Habitatbaumanwärter darstellen, werden zugunsten des Nutzholzes frühzeitig entnommen. Um hier eine Erhöhung der Habitatstrukturvielfalt zu erreichen, bedarf es einer konkreten Zielformulierung zur Entwicklung und Erhaltung von Totholz und Habitatbäumen bzw. Habitatbaumanwärtern im Betrieb.



Baummikrohabitate: mehrjähriger Porling.



Baummikrohabitat mehrjähriger Porling (harte Fruchtkörper, die ausgeprägte Jahrringe in der Röhrenschicht aufweist).



Baummikrohabitat Stammfußhöhle (natürlicher Hohlraum an der Wurzelbasis, der durch das Wachstum der Baumwurzeln entstanden ist).



Baummikrohabitate: stehendes Totholz, Frasslöcher von Spechten und Rindentaschen.

# 11. Schlussbetrachtung

Im Rahmen des Projektes ist es gelungen, verbindliche Kriterien für die Auswahl und Teilnahme von Beispielsbetrieben zu definieren, anhand derer ein Set von Pro Silva Austria-Mitgliedsbetrieben als solche ausgearbeitet werden konnten.

In den ausgewählten Beispielsbetrieben konnten insgesamt 18 Referenzflächen ausgewählt und als langfristige Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet werden. Die Referenzfläche ist nicht als Bezug oder Zielvorgabe zu verstehen, sondern sie soll als Best Practice-Beispiel naturgemäßer Waldbewirtschaftung dienen. Sämtliche Bestände befinden sich in unterschiedlichen Phasen auf dem Weg der Überführung eines Altersklassen- in einen naturnah bewirtschafteten Dauerwald. Die Schwierigkeit der Flächenauswahl bestand darin, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Mindestgröße von ca. 5 ha einheitliche Bestände zu finden, die sowohl topografisch und standörtlich homogen sind, als auch eine einheitliche Bestandesgeschichte und Bewirtschaftung aufweisen.

Eine bundesweit regelmäßige Verteilung der Referenzflächen konnte im Rahmen dieser Pilotstudie nicht realisiert werden, da für die Flächenauswahl vor allem bereits aktuell bestehende Exkursionsbetriebe und ferner Betriebe mit einem hohen persönlichen Interesse am gegenständlichen Projekt herangezogen wurden. Es ist unerlässlich, die Zielsetzung der jeweiligen Waldeigentümer einzubeziehen, um eine langfristige Zusammenarbeit und die Bereitschaft zu einer regelmäßigen eigenständigen ökonomischen Datenerfassung zu gewährleisten.

Erstmals werden in Österreich waldbauliches, ökonomisches und ökologisches Monitoring auf einer Waldfläche vereint. Zur Gewährleistung einer standardisierten Methodik wurde ein verbindliches Manual verfasst (Frank et al. 2022). Die Erhebungsmethodik wurde mit jener des österreichischen Naturwaldreservate-Programmes abgestimmt. Diese Kompatibilität bietet Vorteile, weil sie als Basis für Vergleiche mit nicht bewirtschafteten Flächen dienen kann und ein größerer Anwenderkreis von ihr profitiert. Darüber hinaus wurde eine höchstmögliche Kompatibilität mit Einrichtungen von Pro Silva in Europa bzw. den Vergleichsflächen der „Association Futaie Irrégulière“ (AFI Modell) angestrebt (Frank & Harnack 2022). Die Ergebnisse der Erstaufnahme werden in Informationsbroschüren zusammengefasst dargestellt.

Die in ausgewählten Beispielsbetrieben vorgesehenen Demonstrationsflächen konnten bisher lediglich in

einem Fall realisiert werden. Im Forstbetrieb Reichenfels wurde eine Demonstrationsfläche von einem Hektar Größe eingerichtet.

Die Weiterführung des gegenständlichen Projektes ist im besonderen Maße von der Motivation der Waldbesitzer abhängig. Während der Projektlaufzeit konnte die Basis geschaffen werden, von der Kriterien-Definition, über die Flächenauswahl und -einrichtung bis hin zur Erhebung der ertragskundlichen und ökologischen Parameter sowie zur Erstellung des ökonomischen Protokolls. Letzteres ist laut vertraglicher Vereinbarung durch eine regelmäßige Meldung der Waldbesitzer gesichert. Die Realisierung der periodischen Felderhebungen ist über Folgeprojekte geplant.

Ökonomische wie ökologische Vor- und Nachteile des naturnahen Waldbaus können identifiziert werden. Daraus ergeben sich Empfehlungen für eine wirtschaftlich effiziente Waldbewirtschaftung, weiterhin können relevante Einflussfaktoren für die Erhaltung und Wiederherstellung der Biodiversität identifiziert und mögliche Maßnahmen abgeleitet werden.

Nur durch eine langfristige Beobachtung und periodische Erhebungen (Abbildung 32, 33) ist es möglich, Daten über dynamische Prozesse in den Beständen zu generieren. Die Entwicklung vom Altersklassen- zum Dauerwald könnte für die vorhandene Demonstrationsfläche mit Hilfe von Wachstumssimulatoren abgebildet werden.

Der Waldbesitzer und die Waldbesitzerin kann jedenfalls die Entwicklung der Bestandesstruktur als Ergebnis seines waldbaulichen Handelns verfolgen. Für ihn wird damit der Weg zum definierten Ziel transparent. Periodische ökonomische Aufzeichnungen ermöglichen einerseits eine potentielle Wertermittlung und andererseits einen Vergleich des „Wertes“ von Dauerwald mit anderen Bewirtschaftungsformen. Neben der Beobachtung erfasseter Habitatstrukturen bietet sich die Möglichkeit biodiversitätsbeeinflussende Faktoren - durch Maßnahmen oder Unterlassungen - zu ermitteln.

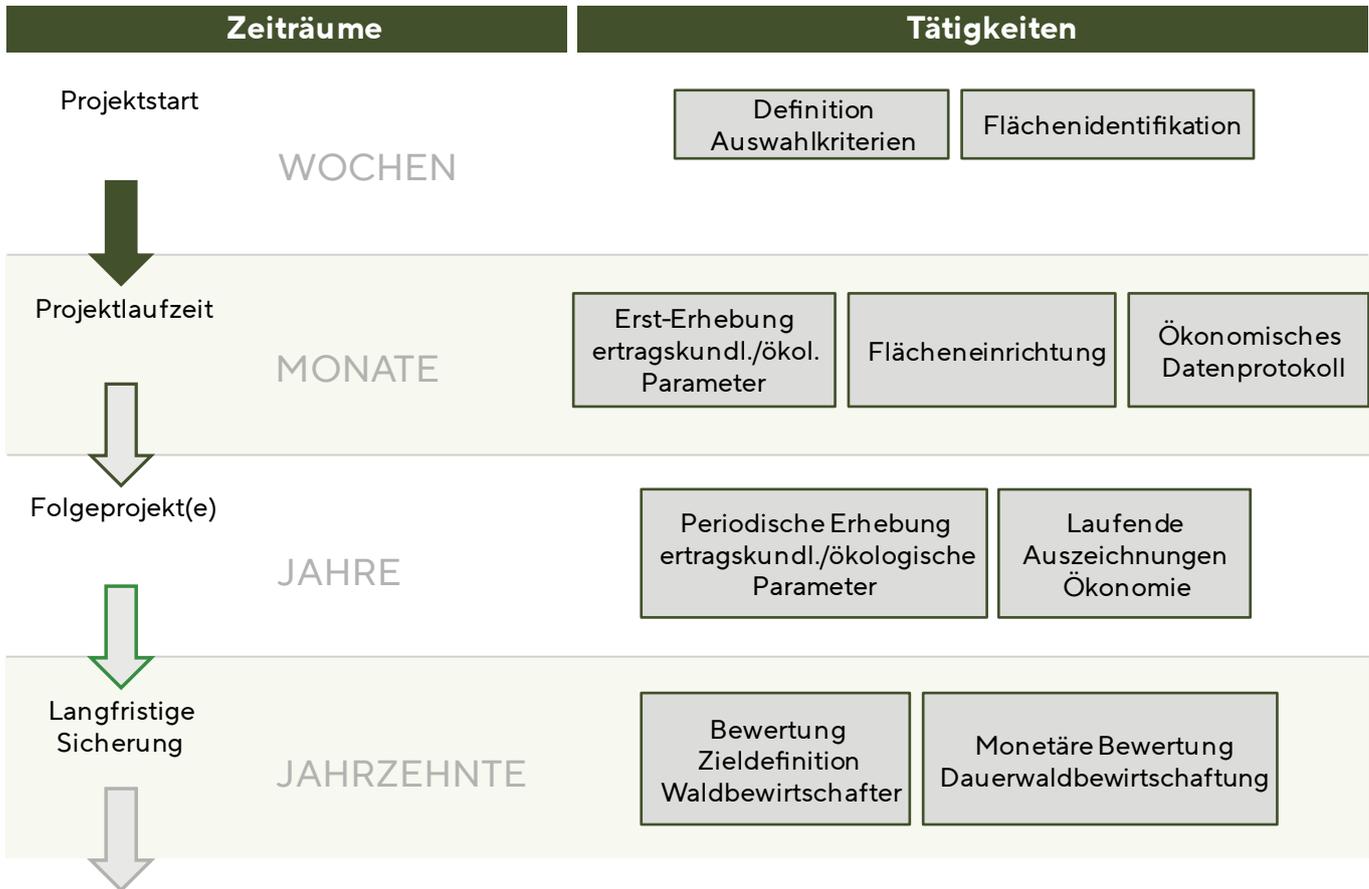


ABBILDUNG 32: Übersicht zur langfristigen Realisierung des Projektes.

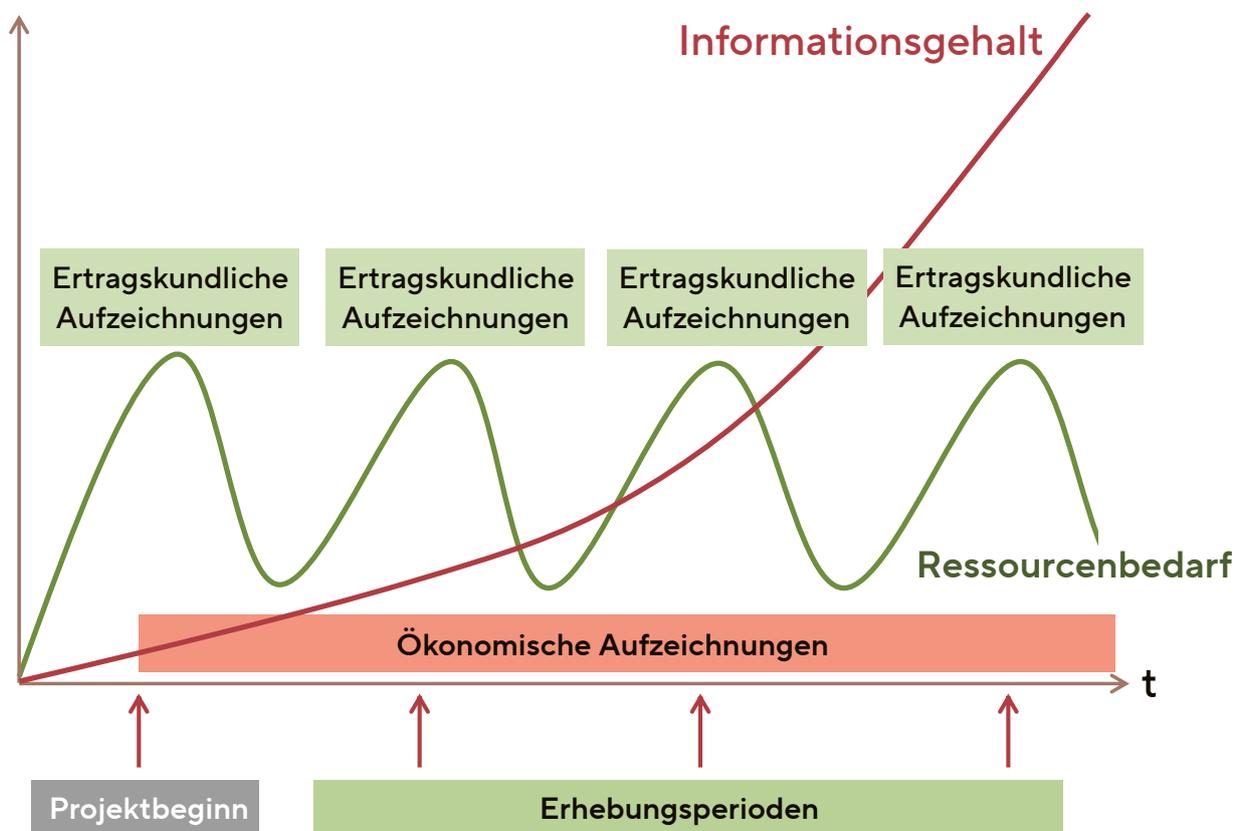


ABBILDUNG 33: Schematische Darstellung Projektablauf, Tätigkeiten, Ressourcenbedarf und Informationsgewinn.

Aus der Sicht der Autoren und Autorinnen liegt der eigentliche Wert dieses Projektes darin, mit der Auswahl, Einrichtung und Erstaufnahme die Voraussetzungen für ein langfristiges Monitoring von Referenzflächen naturnah bewirtschafteter Waldbestände zu schaffen. Die eingerichteten Referenzflächen sind Dauerbeobachtungsflächen. Beobachtung der Waldentwicklung setzt mehrmalige Erfassung der Wachstums-Parameter mit standardisierten Methoden voraus.

In notwendigen Folgeprojekten sollen einerseits das Wachstum und die Entwicklung der ökonomischen und ökologischen Qualität der Waldbestände, andererseits die laufenden betriebswirtschaftlichen Aufwände und Erträge erfasst werden. Sowohl die dafür notwendigen Referenzflächen als auch die Methoden wurden durch dieses Projekt etabliert.



Referenzfläche Sommereben.

## 12. Literatur

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2022): Dynamische Waldtypisierung – Standortliche Grundlagen und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, Band 2, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion Graz.
- Berger, W. H. & Parker, F. L. (1970): Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. *Science* 168: 1345–1347.
- BML – Bundesministerium für Nachhaltigkeit Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2022): Österreichische Biodiversitäts-Strategie 2030+. Wien. [https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:49476b8f-31b2-4b7a-857b-3cc1b877207f/Biodiversitaetsstrategie\\_2030\\_V02.pdf](https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:49476b8f-31b2-4b7a-857b-3cc1b877207f/Biodiversitaetsstrategie_2030_V02.pdf) (19.12.2022).
- Bollmann, K. (2011): Naturnaher Waldbau und Förderung der biologischen Vielfalt im Wald. *Forum für Wissen* 2011: 27–36.
- Bollmann, K., Bergamini, A., Senn-Irlet, B. & Nobis, M. (2009): Konzepte, Instrumente und Herausforderungen bei der Förderung der Biodiversität im Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 160: 53–67.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Dritte Auflage. Springer-Verlag, Wien – New York.
- Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F. & Larrieu, L. (2020): Taschenführer der Baummikrohabitate. Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. (1994): Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345: 101–118.
- 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., Krumm, F. & Kraus, D. (2020): Guidelines for establishing I+ marteloscopes. European Forest Institute. URL: [http://iplus.efi.int/uploads/Marteloscope\\_Guidelines\\_Setup.pdf](http://iplus.efi.int/uploads/Marteloscope_Guidelines_Setup.pdf) (29.11.2022).
- Dhakal, S., Minx, J. C., Toth, F. L., Abdel-Aziz, A., Figueroa Meza, M.J., Hubacek, K., Jonckheere, I. G. C., Kim, Y-G., Nemet, G.F., Pachauri, S., Tan, X.C. & Wiedmann, T. (2022): Emissions Trends and Drivers. In: Shukla, P. R. et al. (eds.): IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Duchiron, M. S. (2000): Strukturierte Mischwälder. Eine Herausforderung für den Waldbau unserer Zeit. Parey, Berlin.
- Düll, R. & Düll-Wunder, B. (2012): Moose einfach und sicher bestimmen. 2. Aufl. Quelle & Meyer Wiebelsheim: 512.
- Ellenberg, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. Scripta Geobot. 9, Göttingen: 1–106.
- Englisch, M., Formayer, H., Katzensteiner, K., Klebinder, K., Klosterhuber, R., Lexer, M., Wilhelmy, M., Winkler, G. & Vacik, H. (2019): Was kann eine dynamische Waldtypisierung leisten? BFW-Praxisinformation 49: 22–24
- Europäische Kommission (2021): EU biodiversity strategy for 2030 – bringing nature back into our lives, Publications Office of the European Union, URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548> (20.11.2022).
- European Union (2023): Guidelines on closer-to nature-forest management. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Frank, G. (2009): Naturwaldreservate in Österreich – von persönlichen Initiativen zu einem systematischen Programm. *Mitt. Ver. Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung* 46: 23–32.
- Frank, G. & Harnack, N. (2022): Developing a reference area network to quantify close-to-nature forestry in Austria – ReSynatWald 2.0 – Integrate Austria. Vortrag im Rahmen der 2. Internationalen Tage der Association Futaire Irrégulière AFI: 12.05.2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oxj-2PDsUrI> (abgerufen am 21.12.2022).
- Frank, G., Harnack, N., Kindermann, G., Langmaier, M., Lipp, S., Oettel, J., Steiner, H. & Senitzka, E. (2022): Anleitung zur Erhebung von Referenzflächen naturnaher Waldbewirtschaftung. BFW-Dokumentation 27.
- Frank, G. & Müller, F. (2003): Voluntary approaches in protection of forests in Austria. *Environmental Science & Policy* 6: 261–269.
- Frank, G., Senitzka, E., Paterno, S., Harnack, N. & Steiner, H. (2022) Naturnaher Waldbau – Kunst oder Lehrstück. *Österreichische Forstzeitung* 01-2022: 22–24
- Gossner, M. M., Lachat, T., Brunet, J., Isacson G., Bouget, C., Brustel, H., Brandl, R., Weisser, W. W. & Müller, J. (2013): Current near-to-nature forest management effects on functional trait composition of saproxylic beetles in beech forests. *Conservation Biology* 27(3): 605–614.
- Grabherr, G., Koch, G., Kirchmeir, H. & Reiter, K. (1998): Hemerobie österreichischer Waldökosysteme. Veröff. Österr. MaB-Programm, Bd. 17. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- Gschwantner, T. (2019): Totholzzunahme ausschließlich positiv? BFW-Praxisinformation 50: 17–22.
- Harnack, N. (2022): Im Wald kumman d'Leit zam. *Österreichische Forstzeitung*, 07/2022.
- Harnack, N., Steiner, H., Dashbat, K. & Frank, G. (2022): Long live the forest and all its dead! – Succession phases and increment-mortality-indices (IMI) in Austria's Natural Forest Reserves. Vortrag beim 7. Nationalpark Forschungssymposium 2022: 08.09.2022.
- Heuberger, S. (2021): Wald und Wissen – alles wächst. *Österreichische Forstzeitung* 09-2021: 24–26.
- Hochbichler, E. (2008): Fallstudien zur Struktur, Produktion und Bewirtschaftung von Mittelwäldern im Osten Österreichs (Weinviertel). Band 20, Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung, Wien, Universität für Bodenkultur.
- Hochbichler, E., Iby, H. & Himmelmayr, H. (2013): Waldbauliche Empfehlungen für die Bewirtschaftung der Wälder im Burgenland. Burgenländischer Forstverein, Eisenstadt.
- Kitikidou, K., Milios, E., Stampoulidis, A., Pipinis, E. & Radoglou, K. (2024): Using Biodiversity Indices Effectively: Considerations for Forest Management. *Ecologies* 5(1): 42–51.
- Knoke T., Stimm B., Ammer C. & Moog M. (2005): Mixed forests considered: A forest economics contribution on an ecological concept. *Forest Ecology and management* 213: 102–116.

- Kooperationsplattform für Forst Holz Papier (Hrsg.) (2006): Österreichische Holzhandelsunionen 2006. Überarbeitete Auflage, Wien.
- Kowarik, I. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potenziell natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. *Tüxenia* 7: 53–76.
- Krissl, W. & Müller, F. (1989): Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs. FBVA-Bericht 40.
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Büttler, 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.
- Louman, B., Keenan, R. J., Kleinschmit, D., Atmadja, S., Siteo, A. A., Nhandumbo, I., de Camino Velozo, R. & Morales, J. P. (2019): SDG 13: Climate Action – Impacts on Forests and People. In: P. Katila, C. J. Pierce Colfer, W. de Jong, G. Galloway, P. Pacheco, & G. Winkel, (eds.): *Sustainable Development Goals: Their Impacts on Forests and People*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 419–444.
- Mahler, G., Willmann, U. & Wurster, M. (2001): Arbeitsanweisung für die Güteansprache am stehenden Stamm im Rahmen der 2. Bundeswaldinventur (BWI II) in Baden-Württemberg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.
- Mason, W. L., Diaci, J., Carvalho, J. & Valkonen, S. (2022): Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption, *Forestry: An International Journal of Forest Research* 95(1): 1–12.
- Mayer, H. (1984): *Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage*. 3. neu bearbeitete Auflage. Gustav Fischer. Stuttgart – New York.
- Möller, A. (1922): *Der Dauerwaldgedanke - Sein Sinn und seine Bedeutung*. Neu aufgelegt 2021, Verlag Kessel.
- Oettel, J., Lapin, K., Kindermann, G., Steiner, H., Schweinzer, K-M., Frank, G. & Essl, F. (2020): Patterns and drivers of deadwood volume and composition in different forest types of the Austrian natural forest reserves. *Forest Ecology and Management* 463: 118016.
- Puettmann, K. J., Wilson, S., Baker, S. C., Donoso, P. J., Drössler, L., Amente, G., Harvey, B. D., Knoke, T., Lu, Y., Nocentini, S., Putz, F. E., Yoshida, T. & Bauhus, J. (2015): Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management – what limits global adoption? *Forest Ecosystems* 2: 8.
- Reininger, H. (1992): *Zielstärkennutzung. Oder die Plenterung des Altersklassenwaldes*. 5. Auflage. Österreichischer Agrarverlag. Wien.
- Reininger, H. (2000): *Das Plenterprinzip: Grundlagen – Bestandesüberführung – Bewirtschaftungsmodelle*. Leopold Stocker Verlag. Graz.
- Sanchez, C. (2017): *Pro Silva silviculture: guidelines on continuous cover forestry/close to nature forestry management practices*. Forêt Wallonne, Namur, Belgium.
- Scherzinger, W. (1996): *Naturschutz im Wald. Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung*. Ulmer, Stuttgart.
- Schodterer, H. (2022): Bundesweites Wildeinflussmonitoring, 2019–2021. BFW-Praxisinformation 55.
- Schuck, A., Kraus, D., Krumm, F., Held, A. & Schmitt, H. (2015a): *Integrate+ Marteloscopes – Calibrating silvicultural decision making*. 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.
- Schütz, J. P. (2003): *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder*. Parey. Berlin.
- Sekot, W. & Toscani, P. (2019): Testbetriebsnetz: Potenziale zwischenbetrieblicher Vergleiche. *AFZ - Der Wald: Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 74(23): 39–41.
- Sekot, W., Metzker, M. & Toscani, P. (2021): Arbeit und Einkommen im Spiegel österreichischer Testbetriebsnetze. *AFZ - Der Wald: Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 76(23): 34–37
- Sekot, W. & Toscani, P. (2020): Von der Erwerbswirtschaft zur Liebhaberei? Vortrag auf der Forstökonomischen Forsttagung 2020. 28.10.2020.
- Siitonen, J. (2001): Forest Management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecol. Bull.* 49: 11–41.
- Steiner, H., Oettel, J., Langmaier, M., Lipp, S. & Frank, G. (2018): *Anleitung zur Wiederholungsaufnahme in Naturwaldreservaten*. BFW-Dokumentation 26/2018, Wien.
- Sterba H. (2019): 40 Jahre Hirschlacke. *Österreichische Forstzeitung* 2019-03: 26–28
- Susse, R., Allegrini, C., Bruciamacchie, M. & Burrus, R. (2010): Management of Irregular Forests. Developing the Full Potential of the Forest. Association Futaire Irrégulière AFI.
- Thomasius, H. (1996): *Geschichte, Theorie und Praxis des Dauerwaldes*. Hrsg.: LFV Sachsen-Anhalt e. V., Salzland Druck GmbH & Co. KG, Garitz.
- Tüxen, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angewandte Pflanzensoziologie* 13: 5–43.
- Willmanns, O. (1989): *Ökologische Pflanzensoziologie*. 4. Aufl. Heidelberg-Wiesbaden, Quelle & Meyer. 378.
- Wilson E.O. & Peter, F.M. (eds.) (1988): *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, DC.



