



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Charakterisierung der Waldentwicklung im Naturwaldreservat Laaser Berg

verfasst von

Johannes HUBER, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Forstwissenschaften

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, Jänner 2022

Betreut von:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Harald Vacik

Institut für Waldbau

Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich bei allen Personen, die mich während der Erstellung meiner Masterarbeit bzw. während meines Studiums unterstützt haben, bedanken. Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Harald Vacik für die fachliche Betreuung und Beratung während der gesamten Arbeit. Des Weiteren gebührt auch meinem Mitbetreuer Dipl.-Ing. Dr. Georg Frank großer Dank für die Datenbereitstellung und der Kontaktvermittlung mit dem Grundbesitzer.

Ein weiterer Dank gilt dem Obmann der Nachbarschaft Laas Dipl.-Ing. Dieter Berger für die Ermöglichung der Feldaufnahmen und auch Dimitrios Manousidis der mich tatkräftig bei der Geländearbeit unterstützt hat.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meiner Freundin und bei meiner Familie, die mich während meiner gesamten Studienzeit immer unterstützt haben.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die natürliche Waldentwicklung im Naturwaldreservat (NWR) Laaser Berg untersucht. Dazu ist eine Bestandes-, Verjüngungs- und Totholzanalyse durchgeführt worden. Die Datenerhebung erfolgte auf 26 Stichprobenpunkten im *Larici-Piceetum*, welche im Rahmen des Projekts ELENA – einer Studie zur Naturverjüngung in Gebirgswäldern – im Jahr 2008 angelegt wurden. Durch diese Wiederholungsaufnahme unter gleichen Aufnahmebedingungen konnten die Veränderungen im Reservat der letzten 13 Jahre aufgezeigt werden. Außerdem konnte mit Hilfe eines Vergleichs mit Bestandesdaten aus dem Jahr 1998 ein noch längerer Entwicklungsvergleich dargestellt werden. Beim Vergleich der Bestandesdaten zeigten sich teils deutliche Unterschiede zwischen den Erhebungen, welche stark durch dynamische Entwicklungen aufgrund von Schadereignissen beeinflusst sind. Im Rahmen der Verjüngungsanalyse konnte die Bedeutung von Totholz für die Naturverjüngung zum Teil aufgezeigt werden. Große Unterschiede gab es vor allem bei der Totholzsituation im NWR. Aufgrund von Bestandesschäden durch Windwurf und Schneebruch ergaben sich bei den Totholzmengen deutlich höhere Werte als bei der Voruntersuchung. Das Bestandesbild war speziell durch frisches Totholz geprägt. Des Weiteren wurde auch die Erfüllung der Schutzfunktionen im Reservat überprüft. Dabei konnte, sowohl für den Standortschutz, als auch für die Naturgefahren Lawine und Steinschlag, eine zufriedenstellende Schutzerfüllung festgestellt werden.

Schlüsselwörter: Naturwaldreservat, Gebirgswald, Naturverjüngung, Totholz, Walddynamik, Schutzwald

Abstract

In the present study, the natural forest development in the natural forest reserve (NWR) Laaser Berg was investigated. For this purpose, a stand, regeneration and deadwood analysis has been carried out. The data collection was carried out on 26 sampling points in the *Larici-Piceetum*, which were established in 2008 as part of the ELENA project - a study on natural regeneration in mountain forests. In this repeated survey the same parameters were investigated, which allowed to analyse the changes in the reserve over the last 13 years. In addition, a comparison with the stand data from 1998 made an even longer development possible. The comparison of the stand data showed partly significant differences between the surveys, which are strongly influenced by stochastic damage events. In the context of the regeneration analysis, the importance of coarse woody debris for natural regeneration could be shown. Large differences especially in the amounts of deadwood were observed. Due to damages caused by windthrow and snow breakage, the deadwood quantities were significantly higher than in the previous study and characterized by fresh deadwood. Furthermore, the fulfillment of the protective functions in the reserve was examined. A satisfactory level of protection was found both for site protection and for the protection of the natural hazards avalanches and rockfall.

Key words: Natural forest reserve, mountain forest, natural regeneration, deadwood, forest dynamics, protection forest

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Hintergrund und Problemstellung	6
1.2	Zielsetzung.....	7
2	Steckbrief Naturwaldreservat Laaser Berg	8
2.1	Geografische Lage	8
2.2	Klima.....	11
2.3	Geologie	11
2.4	Waldgesellschaften	13
2.5	Historische Nutzung und Jagd	15
3	Methoden	17
3.1	Datenerhebung.....	17
3.1.1	Fixer Probekreis - Standortserhebung	17
3.1.2	Fixer Probekreis - Baumschicht lebend.....	18
3.1.3	Winkelzählprobe.....	18
3.1.4	Verjüngungsaufnahme - Probefläche und Totholz	18
3.1.5	Fixer Probekreis - Totholz stehend und liegend	20
3.1.6	Überprüfung der Schutzfunktion	22
3.2	Auswertung	22
3.2.1	Höhenkurven	23
3.2.2	Volumsberechnung.....	24
3.2.3	Verjüngungszahlen	25
3.2.4	Ermittlung des Vorrats von Totholz	25
3.2.5	Schutzfunktionserfüllung	27
4	Ergebnisse	30
4.1	Beschreibung des Ist-Zustands des NWR Laaser Berg.....	30
4.1.1	Charakterisierung des Standorts.....	30
4.1.2	Bestandesdaten	33
4.1.3	Verjüngungsdaten.....	38
4.1.4	Totholzdaten.....	46
4.2	Beschreibung der Entwicklung des Naturwaldreservats Laaser Berg.....	53
4.2.1	Vergleich mit den ELENA-Ergebnissen.....	53
4.2.2	Beschreibung der Entwicklung des Naturwaldreservats Laaser Berg.....	61
4.3	Überprüfung der Schutzfunktionen	62
4.3.1	Schutzerfüllung des Standortes	62
4.3.2	Schutzerfüllung gegenüber Lawinen.....	64
4.3.3	Schutzerfüllung gegenüber Steinschlag.....	64
5	Diskussion	65
5.1	Bestandesstruktur	65
5.2	Verjüngungsanalyse	67
5.3	Totholzanalyse.....	70
5.4	Erfüllung der Schutzfunktionen	72
6	Schlussfolgerungen.....	74

7	Literaturverzeichnis	76
	Abkürzungsverzeichnis	80
	Abbildungsverzeichnis	81
	Tabellenverzeichnis	83
	Anhang A – Methoden.....	I
	Anhang B – Ergebnisse.....	VI

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Problemstellung

In Österreich ist der Schutzwald von besonderer Bedeutung für die Gesellschaft. Er schützt nicht nur den Boden und Standort auf den er stockt vor Erosion, sondern auch Menschen vor Lawinen, Steinschlag oder Muren. Schutzwald nimmt in Österreich ein Fünftel, genauer gesagt 21,5 %, der gesamten Waldfläche ein, welche sich in 8,4 % bewirtschafteten Schutzwald (Schutzwald in Ertrag) und in 13,1 % unbewirtschafteten Schutzwald (Schutzwald außer Ertrag) aufteilen. (BFW, 2021 a) Ein großes Problem im österreichischen Schutzwald stellt allerdings die Überalterung der Bestände und die fehlende Naturverjüngung dar. Vor allem die fehlende Verjüngung ist besonders problematisch, da ohne sie kein neuer Schutzwald entstehen kann. So besteht laut der ÖWI 2007/09 sowohl für den Schutzwald in Ertrag als auch für den Schutzwald außer Ertrag ein sehr hoher Verjüngungsbedarf bei fehlender Verjüngung. Genauer gesagt wäre für beide Schutzwaldkategorien auf zwei Drittel der jeweiligen Fläche ein Verjüngungsbedarf gegeben. Allerdings fehlt im Schutzwald in Ertrag die notwendige Verjüngung auf 74 % der Fläche und im Schutzwald außer Ertrag sogar auf 80%. Die Gründe für das Fehlen von Verjüngung sind vielseitig, darunter zählen: Wildverbiss, Waldweide, Erosion, Lichtmangel oder Konkurrenzvegetation. (BMLFUW, 2015)

Vor allem für den Schutzwald außer Ertrag, in dem keine oder nur unter unwirtschaftlichen Bedingungen Nutzungen durchgeführt werden, ist es wichtig zu wissen, ob und unter welchen Umständen eine Erhaltung der Schutzfunktion erfolgt bzw. erfolgen kann. Einen entsprechenden Beitrag dazu, kann die Naturwaldforschung liefern, da durch sie wesentliche Grundlageninformationen für die Umsetzung eines naturnahen Waldbaus gesammelt werden können (Jakobs, 2008). Außerdem weisen vor allem die nur schwer bzw. unbegehbaren Schutzwaldstandorte aufgrund des extremen Standorts einen oftmals urwaldähnlichen Charakter auf (Schadauer et al, 1997). In Österreich wird die Naturwaldforschung v.a. durch das Naturwaldreservate Programm unterstützt. Speziell der subalpine Fichtenwald, in welchem sich viel Schutzwald befindet, ist im österreichischen Naturwaldreservate Programm großflächig vertreten. (BFW, 2021 b)

In Österreich gibt es im Bereich der Naturwaldforschung eine lange Tradition in der Errichtung und Betreuung von Naturwaldreservaten. Waren es in der Vergangenheit hauptsächlich Forstwissenschaftler*innen, Waldbesitzer*innen und Forstpraktiker*innen, welche Naturwaldreservate (NWR) eingerichtet haben, gibt es seit 1995 das Naturwaldreservate Programm in Österreich. Dieses Programm wurde im Anschluss an die Helsinki-Resolution H2 (General Guidelines for the Conservation of the Biodiversity of the European Forests) begründet und kann somit als direkte Folge der Resolution angesehen werden. (Frank und Koch, 1999) Die Erhaltung und die Verbesserung der biologischen Diversität des Waldes als Voraussetzung für das nachhaltige Bestehen und Erfüllen der verschiedenen Funktionen der Waldbestände ist das Ziel im Sinne dieser Resolution. Auch in der Alpenkonvention von 1991 ist im sogenannten Bergwaldprotokoll eine Verpflichtung zur Einrichtung eines Naturwaldreservatnetzes enthalten. (BMLRT, 2021)

Durch die Gründung des Naturwaldreservate Programms wird Österreich sowohl der Helsinki-Resolution H2, sowie dem Bergwaldprotokoll der Alpenkonvention gerecht. Mit Stand Juli 2021 gibt es in Österreich 191 Naturwaldreservate mit einer Fläche von 8.587 ha. Naturwaldreservate sind als Waldflächen definiert, welche dem Ökosystem Wald eine

natürliche Entwicklung ermöglichen sollen und in denen forstlichen Nutzungen, wie z.B. die Holzentnahme, aber auch andere anthropogene Beeinflussungen unterbleiben. Einzig die Jagd ausübung ist erlaubt bzw. auch notwendig damit die Reservate nicht als Ruhezonen des Schalenwilds genutzt werden. (BFW, 2021 b)

Das Naturwaldreservate Programm basiert auf freiwilligen Vertragsnaturschutz und ist auf Langfristigkeit ausgelegt. Die wichtigsten Ziele des Programms sind die Errichtung eines möglichst repräsentativen Netzes an Reservaten quer durch alle in Österreich vorkommenden Waldgesellschaften, die Erforschung der natürlichen Waldentwicklung – ohne den Einfluss von Bewirtschaftungen –, die Erhaltung der Biodiversität, das Erstellen von Empfehlungen für die Einrichtung und anschließende Betreuung neuer Reservate und die Erstellung eines standardisierten Probeflächennetzes. Außerdem dienen Naturwaldreservate der Forschung, Lehre und Bildung. (BFW, 2021 b)

Das Forschungsprojekt ELENA (Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern) führte eine Studie zur natürlichen Regeneration in Naturwaldreservaten durch. In diesem Projekt wurden in sechs österreichischen Naturwaldreservaten – Goldeck, Laaser Berg, Krimpenbachkessel, Schiffwald, Hutterwald und Kronawettgrube – ausführliche Aufnahmen durchgeführt, um die Verjüngungssituation in Gebirgswäldern zu erheben. (Vacik et al., 2010)

Im Rahmen von ELENA konnte unter anderem die Bedeutung von Totholz für die biologische Vielfalt auch in Nadelwäldern der Gebirge verdeutlicht werden. Außerdem wurden auch die positiven Wirkungen von Totholz auf die Individuenzahl in der Naturverjüngung in Ansätzen gezeigt. (Vacik et al, 2010) Die Bedeutung von Totholz für die Naturverjüngung wurde schon früher beschrieben: Laut Stöckli (1995) besteht im Bergwald eine Abhängigkeit von Naturverjüngung von Totholz.

Während des Projekts ELENA wurden in den untersuchten Naturwaldreservaten Probeflächen eingerichtet, welche ein langfristiges Monitoring ermöglichen (Vacik et al, 2010). Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung der Naturverjüngung im NWR Laaser Berg. Dafür wurden die vorhandenen Probeflächenpunkte des Projektes ELENA erneut aufgesucht und Bestandesaufnahmen durchgeführt. Dies ermöglicht es die Ergebnisse von ELENA mit den für diese Arbeit erhobenen Daten zu vergleichen und somit Aussagen über die Entwicklung im NWR Laaser Berg zu treffen.

1.2 Zielsetzung

Für die vorliegende Arbeit sind folgende Zielsetzungen formuliert:

- Beschreibung des IST-Zustands des Naturwaldreservats Laaser Berg hinsichtlich Bestandesvorrat, Naturverjüngung und Totholzvolumen
- Vergleich der aktuellen Erhebung mit der ELENA-Erhebung
- Beschreibung der Entwicklung des Naturwaldreservats Laaser Berg
- Überprüfung, ob die Schutzfunktionen des Waldes erfüllt werden

2 Steckbrief Naturwaldreservat Laaser Berg

2.1 Geografische Lage

Das Naturwaldreservat Laaser Berg liegt in der Gemeinde Flattach in der sogenannten Innerfragant im Bezirk Spittal an der Drau, Kärnten. Das Reservat ist im Eigentum der Agrargemeinschaft Nachbarschaft Laas und ist seit 1998 Teil des österreichischen Naturwaldreservate Programms. (Schweinzer, 1998) Es umfasst eine Größe von 63 ha und liegt im Wuchsgebiet 1.3 – Subkontinentale Innenalpen-Ostteil. Das Naturwaldreservat erstreckt sich auf einer Seehöhe von 1500–2000m und liegt somit in der hochmontanen und subalpinen Höhenstufe. (Vacik et al., 2010) Abbildung 1 zeigt die Lage des NWR Laaser Berg.

Das NWR liegt an der Südabdachung der Hohen Tauern im Bereich der Südwestflanke des Bösecks (2834m) und der Oscheniktürme (2389 m). Die Bodenbildung im Reservat ist sehr unterschiedlich und reicht von Rankern bis hin zu podsoligen Braunerden und Podsol-Böden. Die Exposition des NWR gestaltet sich sehr einheitlich und bewegt sich im südlichen bis westlichem Spektrum. Auch die Neigungsverhältnisse sind durchaus ausgeglichen und liegen zwischen 40 und 100 %. Es gibt aber auch lokal steilere Geländeteile, welche sich vorwiegend im nordwestlich liegenden Graben befinden.

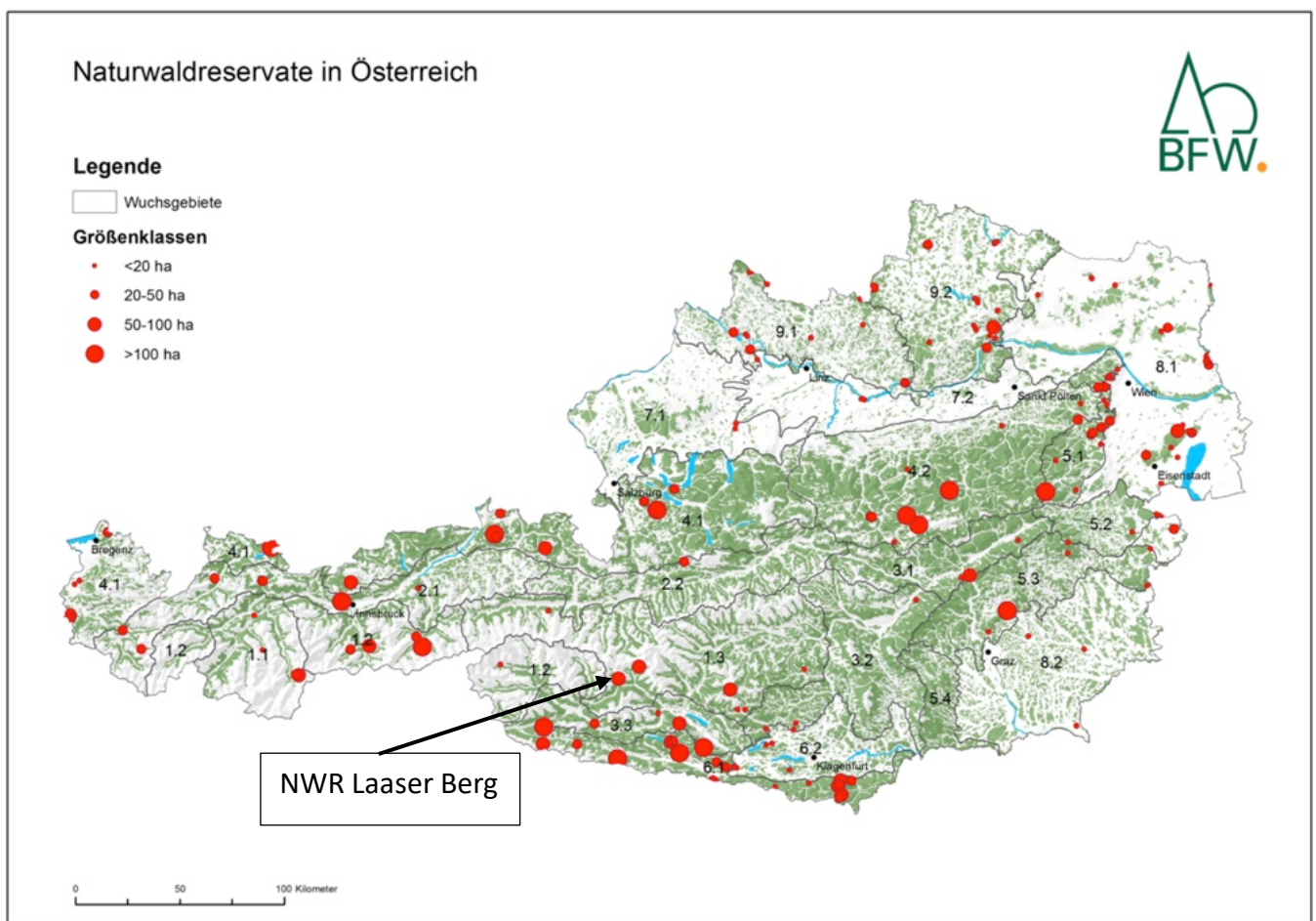


Abbildung 1: Karte der NWR in Österreich und Lage des NWR Laaser Berg. (BFW, 2021 c), verändert.

In Abbildung 2 sieht man die Lage der 26 Probeflächenpunkte, welche sich in einer Seehöhe von 1500 m bis ca. 1850 m befinden und sich nicht über das gesamte Reservat erstrecken. Die 26 Aufnahme­flächen setzen sich aus sechs Winkelzählproben­flächen, welche bei der Errichtung des NWR zur Feststellung des Entgelts eingerichtet wurden, sowie aus 20 zusätzlich für das Projekt ELENA angelegten Probeflächen zusammen. (Vacik et al., 2010) Die ebenfalls in Abbildung 2 zu sehenden Vegetationsaufnahmepunkte finden in dieser Arbeit keine Berücksichtigung.

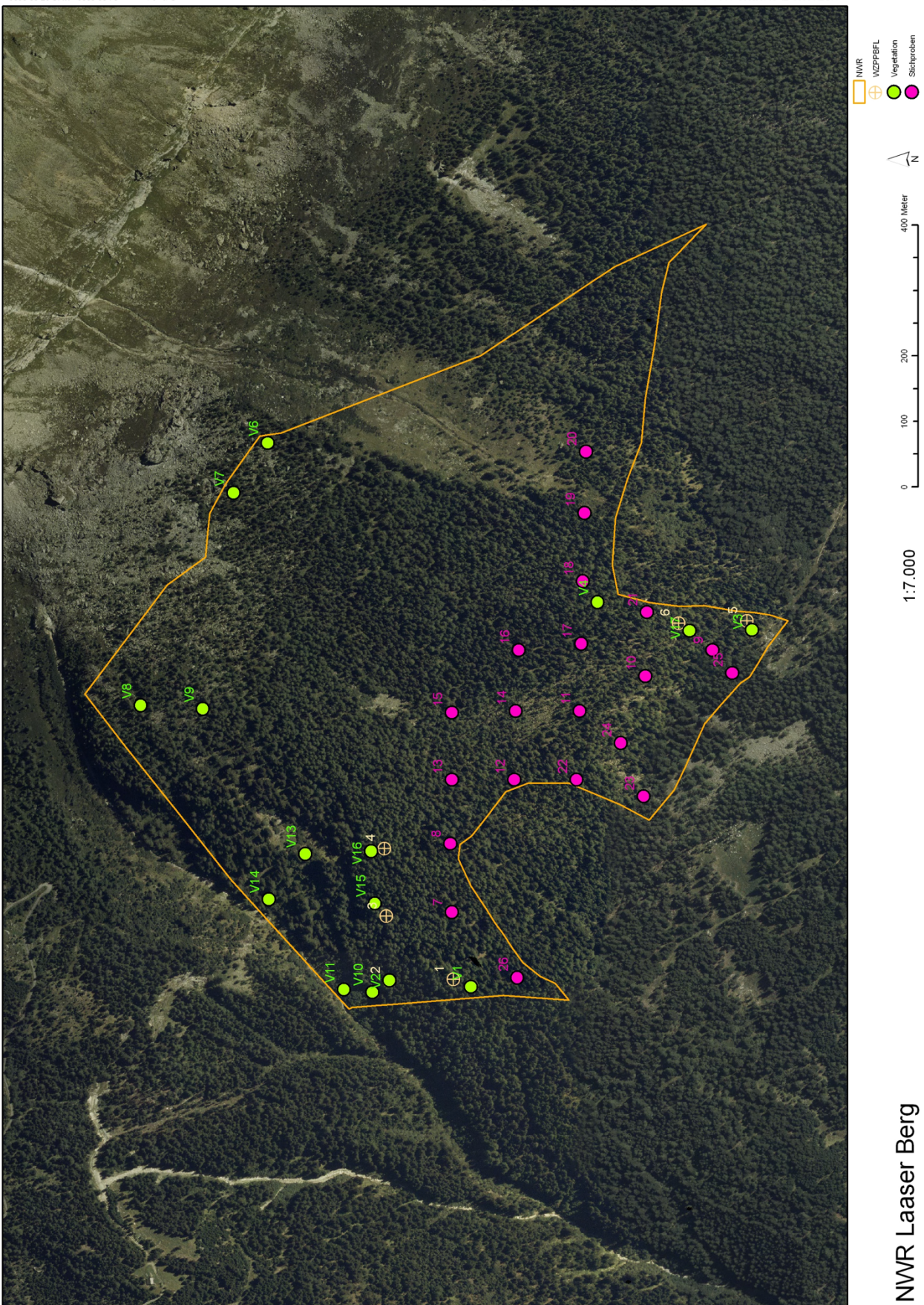


Abbildung 2: Orthofoto des NWR Laaser Berg mit den Probeflächen, sowie den Vegetationsaufnahme-punkten. (Vacik et al., 2010)

2.2 Klima

Die Klimadaten wurden aus dem Endbericht des Projekts ELENA übernommen und umfassen den Zeitraum von 1960–2009. Die Daten wurden durch das Klimainterpolationsmodell „DAYMET“ (Petritsch, 2002; Hasenauer et al., 2003) berechnet. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte, sowie Abbildung 3 wurden aus dem Endbericht des Forschungsprojektes (Vacik et al., 2010) entnommen.

Tabelle 1: Durchschnittliche Jahresmitteltemperatur und durchschnittlicher Jahresniederschlag für den Zeitraum 1960-2009 für das NWR Laaser Berg (Vacik et al., 2010).

Zeitraum	Ø Jahresmitteltemperatur [°C]	Ø Jahresniederschlag [mm]
1960–1969	4,5	1105
1970–1979	4,5	1024
1980–1989	4,6	962
1990–1999	5,3	1031
2000–2009	5,8	1151

Im Zeitraum von 1960–2009 hatte das NWR Laaser Berg eine mittlere Jahresmitteltemperatur von 4,9 °C und einen mittleren Jahresniederschlag von 1054 mm. Für diesen Zeitraum gab es in den Monaten Juli und August keine Frosttage. Das in Abbildung 3 dargestellte Klimadiagramm wurde nach Walter und Lieth (1967) ausgeführt. (Vacik et al., 2010)

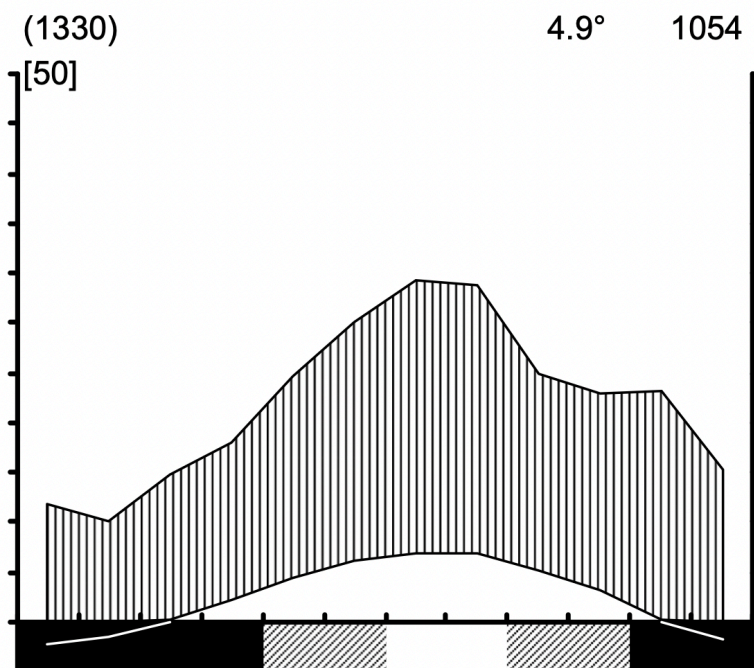


Abbildung 3: Klimadiagramm des NWR Laaser Berg von 1960-2009. (Vacik et al., 2010)

2.3 Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt an der Südabdachung der Hohen Tauern. In diesem Gebirge kommen in erster Linie Kristallingesteine (Metamorphite) vor. Typische Gesteine dieser Gruppe sind z.B. Phyllite, Glimmerschiefer und Gneise. (Krainer, 1988) Das NWR Laaser Berg befindet sich zudem am südlichen Rand des sogenannten „Tauernfensters“. Das

„Tauernfenster“ erstreckt sich vom Brennerpass im Westen bis zum Katschberg im Osten (siehe Abb. 4). Im Tauernfenster kommen die tektonisch tiefsten Einheiten der Ostalpen zum Vorschein, wobei im innersten Fenster voralpidisches Grundgebirge (Zentralgneis mit „Altem Dach“) zu Tage tritt. (Rockenschaub et al., 2003) In Kärnten reicht das Tauernfenster von der Glocknergruppe über die Sonnberggruppe bis hin zur Ankogelgruppe und Reißeckgruppe und ist somit auf die Hohen Tauern beschränkt (Krainer, 1988). Die tektonisch tiefsten Elemente des Fensters bilden Zentralgneiskeerne mit ihrem „Alten Dach“, wobei das Alte Dach nach Frisch et al. (1993) in die folgenden lithologischen Einheiten unterteilt werden kann:

- eine ophiolithische Serie
- eine spät proterozoische bis früh paläozoische, hauptsächlich kalkalkaline magmatische und sedimentäre Serie

Das Tauernfenster besteht also aus dem Zentralgneis, welcher in mehreren Kernen hervortritt. In Kärnten sind dies der Hochalmspitzkern und der Sonnblickkern. Um die Zentralgneiskeerne herum befinden sich Schieferhüllen, welche in eine alte, innere Schieferhülle und eine junge oder äußere Schieferhülle unterteilt werden können. Die innere Schieferhülle ist aus paläozoischen Gesteinen (v.a. Phyllite) aufgebaut. Die äußere Schieferhülle hingegen besteht aus einer Schichtfolge von metamorph überprägten Sedimenten mit vulkanischen Einschaltungen, vorkommende Gesteine in der äußeren Hülle sind z.B. Quarzite und Quarzitschiefer. (Krainer, 1988)

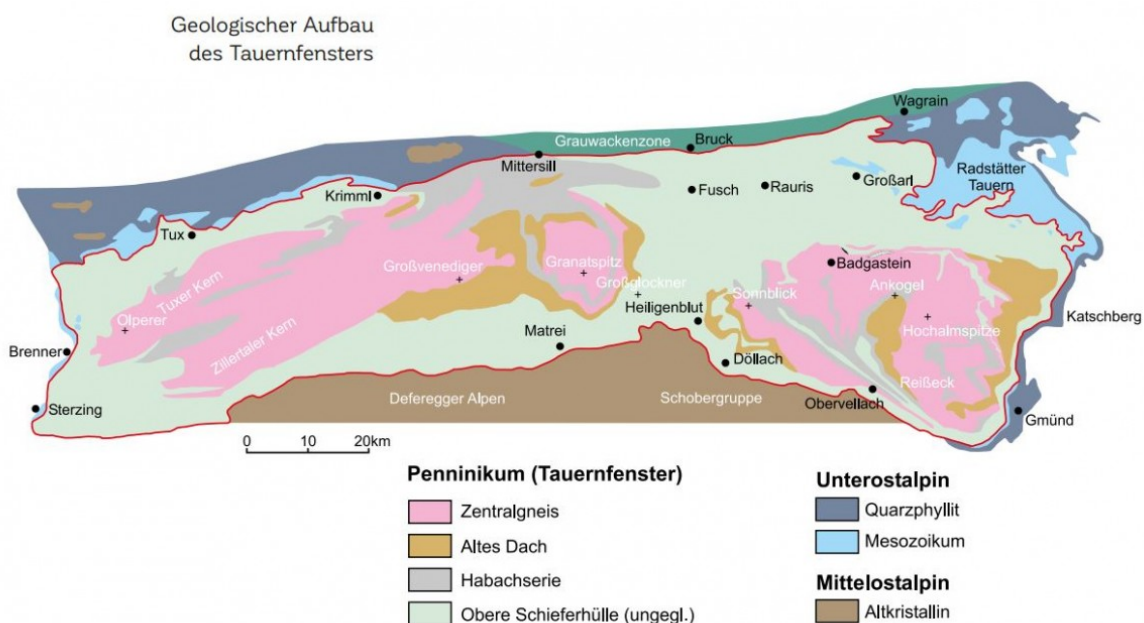


Abbildung 4: Geologischer Aufbau des Tauernfensters. (Nationalpark Hohe Tauern, 2021)

Die Geologie des Reservates selbst ist zu einem großen Teil durch einen Bergsturz geprägt, wobei das Grundgestein durch saure Silikatgesteine, wie z.B. Glimmerschiefer, Gneis, Quarzphyllit und Quarzite, gebildet wird. (Vacik et al., 2010) Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt um das Reservat aus der Geologischen Karte der Sonnblickgruppe.

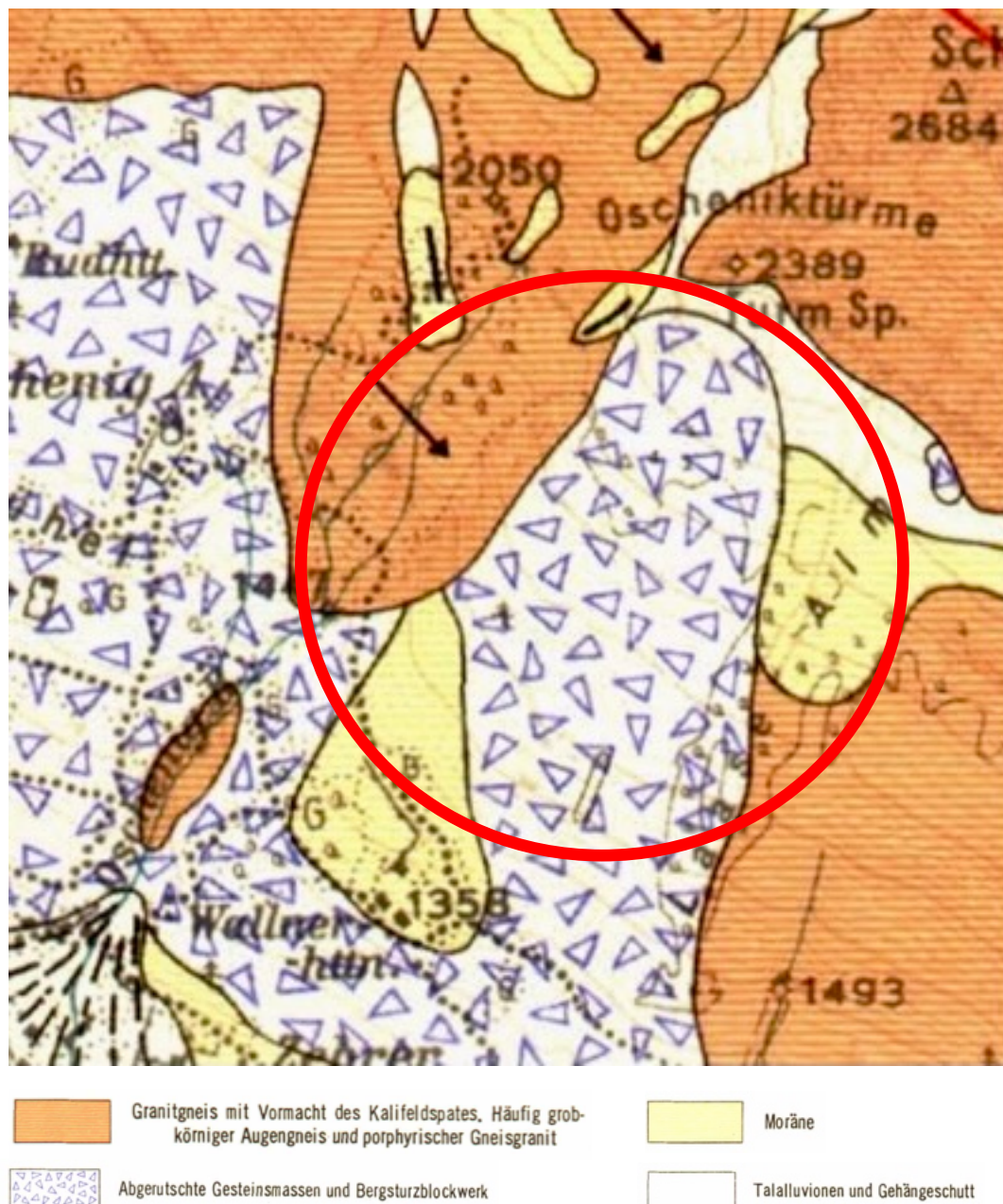


Abbildung 5: Geologische Karte des Aufnahmegebietes. Die ungefähre Lage des NWR Laaser Berg ist rot umrandet. Quelle: Geologische Bundesanstalt, Wien (2021), verändert.

2.4 Waldgesellschaften

Im NWR Laaser Berg können, abhängig von der Seehöhe, zwei zonale Waldgesellschaften ausgewiesen werden. Einerseits der Fichten-Lärchenwald, welcher einen Großteil des NWR ausmacht und bis in eine Seehöhe von ca. 1900 m dominiert. Andererseits bildet der Lärchen-Zirbenwald die zweite zonale Waldgesellschaft des NWR, dieser schließt nach oben hin an den Fichten-Lärchenwald an und erreicht zum Teil die Waldgrenze im Reservat. Des Weiteren kommt im westlichen Teil des NWR auch Grauerlenwald als azonale Waldgesellschaft vor. Außerdem gibt es auch kleinflächiges Auftreten von Grünerlengebüsch. Wie in Abbildung 2 ersichtlich befindet sich im Osten des NWR ein Lawenstrich, welcher waldfrei ist. (Vacik et al., 2010)

Als Grundlage der Vegetationsbeschreibung dient die Beschreibung der Waldgesellschaften des Projektes ELENA (Vacik et al., 2010). Dafür wurde auf die 17 Vegetationsaufnahmeplätze, die in den Sommermonaten 1998 im Rahmen der Einrichtung des NWR durchgeführt wurden, zurückgegriffen. Abbildung 6 zeigt die, auf die Vegetationsaufnahmen basierende, Kartierung der potentiell natürlichen Waldgesellschaften des NWR. Die Nomenklatur der Syntaxa bezieht sich auf Mucina et al. (1993). Die Pflanzennahmen wiederum beziehen sich auf die Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (Fischer et al., 2005). Die für das NWR Laaser Berg ausgewiesenen Waldgesellschaften können wie folgt beschrieben werden:

Subalpiner Silikat-Fichtenwald, *Larici-Piceetum* (Br.-Bl. et al. 1954) Ellenberg und Klötzli 1972

Diese Waldgesellschaft bildet den mit Abstand größten Teil der Bestände des NWR. Die Bestände sind in der Regel locker bis geschlossen und von Fichte (*Picea abies*), aber zum Teil auch von Lärche (*Larix decidua*), dominiert. Örtlich ist die Zirbe (*Pinus cembra*) beigemischt. Im Rahmen der Geländeaufnahmen konnten auch die Birke (*Betula pendula*) eingesprengt festgestellt werden. Seltener waren auch Individuen von Salweide (*Salix caprea*) und Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) aufzufinden. Die Krautschicht dieser Waldgesellschaft wird von azidophilen Arten geprägt und ist artenarm. Unter den Gräsern und Grasartigen kommen *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa* und *Luzula luzuloides* vor. An Zwergsträuchern sind *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* stark vertreten, wobei letztere Hinweise auf trockenere Klimabedingungen gibt. Nicht vorhanden sind besonders nährstoff- und basenliebende Arten, genauso wie frische-liebende Hochstauden. Die Moosschicht hingegen ist artenreich ausgeprägt und kommt in sehr unterschiedlichen Quantitäten vor, wobei *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum sp.* und *Polytrichum juniperinum* die dominierenden Arten sind.

Silikat-Lärchen-Zirbenwald, *Larici-Pinetum cembrae* Ellenberg 1963

Der zonale Fichtenwald wird ab einer Seehöhe von ca. 1900m vom zonalen Lärchen-Zirbenwald abgelöst. In der Regel handelt es sich hier um lockere Zirbenbestände, denen die Lärche und auch noch die Fichte beigemischt sind. Aufgrund des lockeren Kronenschlusses kommt es zu einer Verzahnung der Waldbestände mit alpinen Rasen und subalpinen Zwergstruchheiden.

Üblicherweise werden die Zwergstruchheiden von *Ericaceae* gebildet. Dominiert wird die Vegetation von *Rhododendron ferrugineum*, es kommen aber auch regelmäßig *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium gaultherioides* und *Calluna vulgaris* vor. Von den Sträuchern ist *Juniperus communis ssp. nana* vorzufinden, bei ausreichend hoher Feuchtigkeit kann auch *Alnus alnobetula* eingestreut vorkommen. Von den krautigen Pflanzen sind die azidophilen Gräser *Avenella flexuosa* und *Calamagrostis villosa* dominant.

Montaner Labkraut-Fichten-Tannenwald, *Galio rotundifolii-Piceetum* J.Bartsch und M. Bartsch 1940

Die im Westen des NWR vorkommenden Bestände, welche besser wasserversorgt und somit basenreicher sind, können dem *Galio rotundifolii-Piceetum* zugeteilt werden. Diese Bereiche können dadurch charakterisiert werden, dass azidophile Arten und besonders *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* zurücktreten. Außerdem erfolgt auch eine leichte Zunahme mäßig anspruchsvoller Arten wie z.B. *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-femina* und *Veronica urticifolia*. In den Übergangsbereichen zum Grauerlenwald kommt es zu einer Häufung von frischliebenden und anspruchsvollen Arten wie u.a. *Senecio jacobaeaster*, *Stellaria nemorum*, *Petasites albus* und *Viola biflora*.

Grauerlenwald, *Alnetum incanae* Lüdi 1921

Im NWR kommt an feuchten Standorten kleinräumig Grauerlenwald vor. Dominierend kommt *Calamagrostis villosa* vor. Die Bestände sind außerdem besonders reich an Arten mit hohen Ansprüchen an Wasser- und/oder Nährstoffhaushalt, wie z.B. *Urtica dioica*, *Rubus idaeus*, *Epilobium montanum*, *Senecio cacaliaster*, *S. ovatus*, *Cirsium carniolicum*, *Stellaria nemorum* und *Galeopsis sp.*.

Grünerlengebüsch, *Alnetum viridis* Br.-Bl. 1918

Im NWR kommt die Grünerle verbreitet vor, sie bildet jedoch nur örtlich flächige Bestände aus. Diese Gesellschaft ist durch die Dominanz der namensgebenden Art, der Grünerle (*Alnus alnobetula*), charakterisiert.

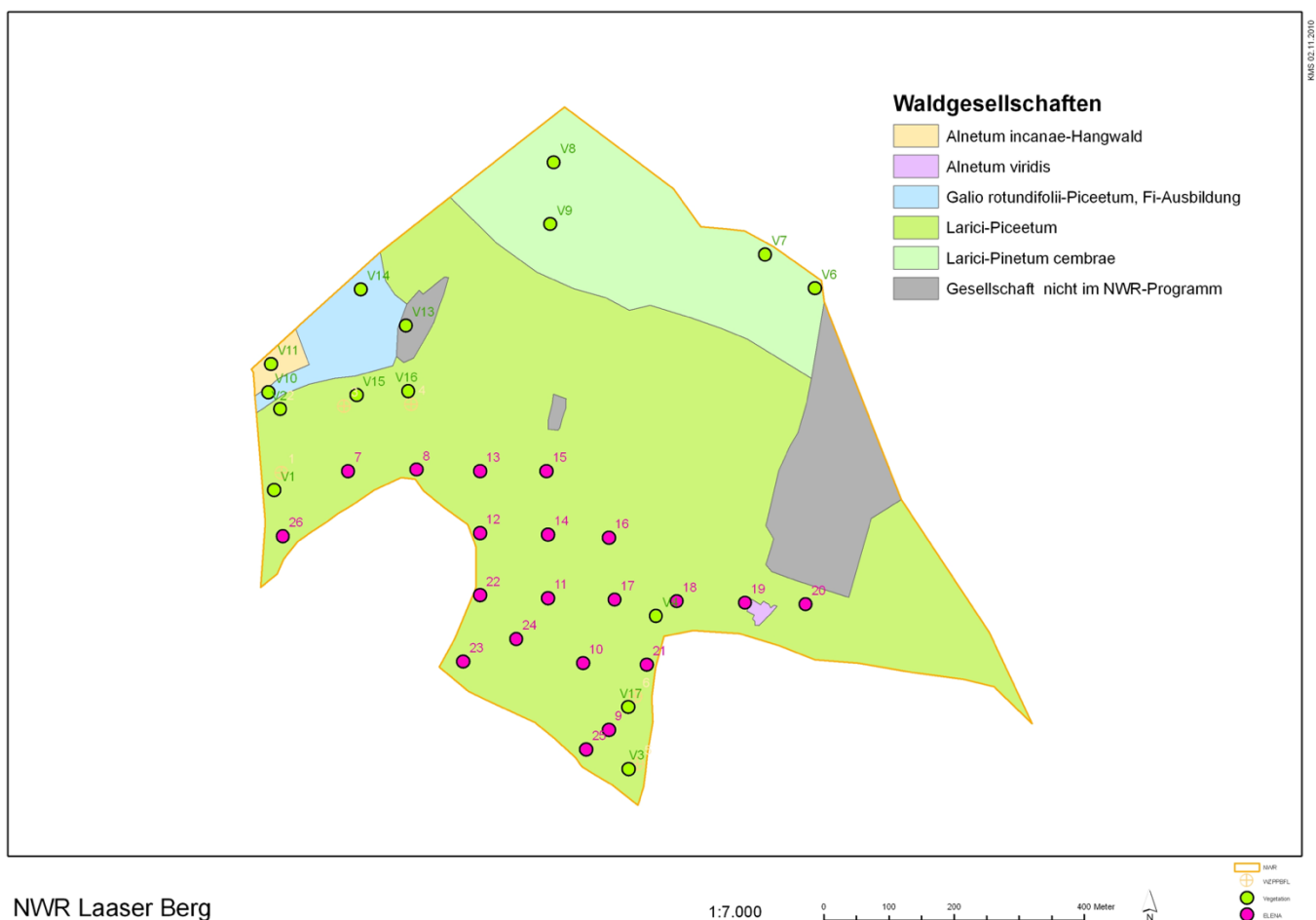


Abbildung 6: Karte der potentiell natürlichen Waldgesellschaften im NWR Laaser Berg. (Vacik et al., 2010)

2.5 Historische Nutzung und Jagd

Im heutigen Bereich des NWR Laaser Berg kam es in der Vergangenheit vor allem durch die Holznutzung zu einer Veränderung der Bestandesstruktur. Dies ist auch noch gegenwärtig ersichtlich, da einige Stöcke eindeutig einer anthropogenen Nutzung zuzuordnen sind. Etwas unterhalb der südlichen Reservatsgrenze gelegen, gab es eine Holzhackerhütte, welche allerdings nicht mehr sichtbar ist. Im Bereich der höhenmäßig niedrigsten Reservatsgrenze, bei Punkt 1 und Punkt 26 (siehe Abb. 2), zeugen einzelne Bäume, hauptsächlich Lärchen, durch

ihre besondere Wuchsform (Kandelaberbildung) von einer vermutlichen ehemaligen Weidenutzung. Rund um diese Bäume hat sich mittlerweile ein recht gleichaltriger Fichtenwald gebildet. Im Reservat selbst hat es aufgrund des Geländes wahrscheinlich keine Weidenutzung gegeben. (Berger, 2021)

Die Fläche des NWR Laaser Berg ist Teil des Eigenjagdgebietes Laas. Bejagt werden hauptsächlich Rotwild (*Cervus elaphus*), Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Gamswild (*Rupicapra rupicapra*). Des Weiteren kommen auch die beiden Raufußhühnerarten Auerhuhn (*Tetrao urogallus*) und Birkhuhn (*Lyrurus tetrix*) im Reservat vor. In den höheren Lagen des Reservats gibt es außerdem auch noch Steinwild (*Capra ibex*). Die Jagdausübung erfolgt vorwiegend durch die Ansitzjagd, bei Gamswild auch durch die Pirschjagd. Im Reservat selbst befinden sich zwei noch aktiv genutzte Hochsitze, einerseits im westlichen Teil zum Graben hin gelegen und andererseits am Ende des Lawenstrichs im Osten. Die Steinwildregulierung erfolgt über die Steinwildhegegemeinschaft Fragant.

3 Methoden

3.1 Datenerhebung

Für die Datenaufnahmen im Gelände wurden im Rahmen des Projektes ELENA im Jahr 2008 26 Probeflächenpunkte im Naturwaldreservat Laaser Berg eingerichtet. Auf eben diesen Probeflächen erfolgte für diese Masterarbeit eine Wiederholungsaufnahme anhand des Aufnahmemanuals für das Projekt ELENA, um die Ergebnisse dieser Arbeit mit jenen von ELENA vergleichen zu können. Das besagte Aufnahmemanual wurde speziell für das genannte Projekt entwickelt, wobei auf vorhandene Aufnahmemanuale des BFW für Naturwaldreservate (u.a. KOCH und FRANK 1999, FRANK und STEINER 2004) aufgebaut wurde. Für die Datenerhebung wurde auf den jeweiligen Probeflächen, mit einer Fläche von 300m² (Radius 9,77m), Aufnahmen in fünf Straten durchgeführt:

- Fixer Probekreis – Standortserhebung
- Fixer Probekreis – Baumschicht lebend
- Winkelzählprobe
- Verjüngungsaufnahme - Probefläche und Totholz
- Fixer Probekreis – Totholz stehend und liegend

3.1.1 Fixer Probekreis - Standortserhebung

Wichtige Standorteigenschaften der Probefläche wurden erhoben:

- Lagebeschreibung
Die Lage der Probefläche wurde verbal beschrieben.
- Standortsbeschreibung
Es konnte eine zusätzliche Beschreibung von wesentlichen Informationen erfolgen, z.B. „*Oberhalb der Probefläche befindet sich eine ca. 400m² große Freifläche*“.
- Seehöhe [m]
- Exposition [Gon]
- Hangneigung [%]
- Bestandesstruktur
Der Deckungsgrad der einzelnen Schichten wurde in Prozent ausgewiesen. Dabei wurden vier Schichten, nämlich Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht, unterschieden. Die Moosschicht enthält alle wurzellosen Pflanzen (Moose und Flechten), die Krautschicht alle nicht verholzenden Gefäßpflanzen, sowie verholzende Pflanzen bis zu einer Höhe von 30 cm. Die Strauchschicht wurde abhängig von der Bestandesstruktur zwischen drei und fünf Metern angenommen. Für die Baumschicht wurde eine Unterteilung in drei Schichten vorgenommen.
 - B1: Oberschicht der Gehölze; 2/3 bis 3/3 der höchsten Bäume
 - B2: Mittelschicht der Gehölze; 1/3 bis 2/3 der höchsten Bäume
 - B3: Unterschicht der Gehölze; < 1/3 der höchsten Bäume (konnte mit der Strauchschicht zusammenfallen)
- Anmerkungen

3.1.2 Fixer Probekreis - Baumschicht lebend

Auf einem fixem Probekreis mit 300 m² Fläche wurde die lebende Baumschicht $\geq 1,30$ m Höhe mittels einer Vollaufnahme erhoben. Mehrjährige Sträucher wurden dabei als Einheit betrachtet. Folgende Punkte wurden aufgenommen:

- Baumart (siehe Anhang A)
bei mehrjährigen Sträuchern wurde nach dem Code auch die Zahl der Stämme geschrieben (z.B. Lat 7 für Latsche mit sieben Stämmen)
- Lage: Azimut [gon] und Distanz [cm] vom Mittelpunkt
- Brusthöhendurchmesser [mm]
Der Brusthöhendurchmesser (BHD) wurde in einer Höhe von 1,30 m über dem Boden auf der Hangoberseite gemessen. Baumindividuen ab einem BHD von 10 cm haben eine Markierung (Nagel) auf Höhe von 1,30 m bekommen, darüber wurde der BHD gemessen. Bei mehrstämmigen Sträuchern wurde der mittlere BHD gemessen.
- Baumhöhe [dm]
- Kronenansatz [dm]
Der erste grüne Ast, auf dem die Hauptkrone folgt, wurde gemessen.
- Schäden
- Fruktifikation
Es wurde eingeschätzt ob der Baum Samen produzieren kann.
- Anmerkungen

3.1.3 Winkelzählprobe

Die WZP wurde mit dem Zählfaktor 4 durchgeführt. Für Bäume, welche in die WZP fallen, aber schon im fixen Probekreis aufgenommen wurden, wurden die Daten übertragen. Für die außerhalb des Probekreises gelegen Bäume, die in die WZP fallen, wurden die notwendigen Daten aufgemessen. Folgende Parameter wurden erhoben:

- Baumart
- BHD [mm]
- Höhe [dm]
- Kronenansatz [dm]
- Anmerkungen
u.a. Status des Baumes - lebend, tot, nicht mehr vorhanden

3.1.4 Verjüngungsaufnahme - Probefläche und Totholz

Die Verjüngung wurde bis zu einer Höhe von 1,30 m aufgenommen. Für die Aufnahme der verschiedenen Verjüngungsklassen wurden vom Probeflächenmittelpunkt ausgehend Verjüngungsflächen in die vier Haupthimmelsrichtungen (Nord, Ost, Süd und West) gelegt (siehe Abb. 7). Diese Verjüngungsflächen wurden, wie in Abbildung 7 ersichtlich, in deren Mittelpunkt verpflockt. Auf diesen Flächen wurde die Verjüngung, welche in vier Klassen eingeteilt ist, gezählt:

- **Keimlinge:** Nach Baumart (siehe Anhang A) und getrennt pro Verjüngungsteilfläche (z.B. 11, 12, 13 und 14) gezählt.

- **Mehrjährige bis 15 cm:** Nach Jahresstufen (ein-, zwei- oder mehrjährig) und Baumart für die jeweilige Verjüngungsteilfläche (z.B. 11, 12, 13, 14, 15, 16 und 17) gezählt.
- **Verjüngung 15–30 cm:** Mit den Merkmalen der Verjüngungsansprache (siehe Anhang A) auf allen Verjüngungsteilflächen aufgenommen.
- **Verjüngung 30–130 cm:** Mit den Merkmalen der Verjüngungsansprache (siehe Anhang A) auf dem fixen Probekreis aufgenommen. Ebenfalls wird die Teilflächenzugehörigkeit (11-47 bzw. S1, S2, S3, S4) und der Kleinstandort bestimmt. Des Weiteren wurden die Individuen mit einem Markierungsband versehen.

Die Verjüngungsflächen sind wiederum für die verschiedenen Verjüngungsklassen in zwei Flächen unterteilt worden. Keimlinge wurden in 50 x 50 cm Quadraten in der Verjüngungsfläche I aufgenommen, die Klassen Mehrjährige bis 15 cm und Verjüngung 15–30 cm wurden in der Verjüngungsfläche II erhoben und die Klasse Verjüngung 30–130 cm wurde auf dem gesamten Probekreis aufgenommen (siehe Abb. 7).

Die Verjüngung auf Totholz mit einem Mittendurchmesser ≥ 10 cm wurde gesondert auf dem gesamten fixen Probekreis aufgenommen. Dabei wurden die Klassen Keimlinge und Mehrjährige bis 15 cm nach Baumart und Jahresstufe (ein-, zwei- und mehrjährig) für jedes Totholzindividuum getrennt gezählt. Die Klassen Verjüngung 15–30 cm und Verjüngung 30–130 cm wurden für jedes Totholzindividuum mit den Merkmalen der Verjüngungsansprache (siehe Anhang A) aufgenommen.

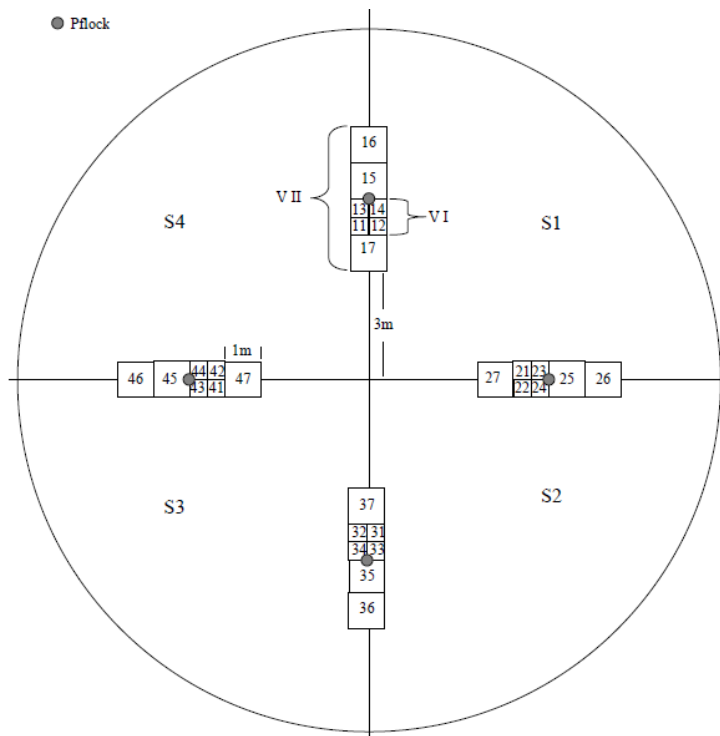


Abbildung 7: Probeflächendesign nach Ruprecht und Vacik (2009).

3.1.5 Fixer Probekreis - Totholz stehend und liegend

Auch das stehende und liegende Totholz wurde innerhalb des Probekreises getrennt aufgenommen.

Für das stehende Totholz und für Stöcke mit einem BHD ≥ 5 cm wurde eine Vollaufnahme mit folgenden Parametern durchgeführt:

- Baumart (siehe Anhang A)
- Lage: Azimut [gon] und Distanz [cm] vom Mittelpunkt
- BHD [mm]
- Höhe [dm]
- Zustandstyp (siehe Tab. 2)
- Zersetzungsgrad (siehe Tab. 3)
- Entrindungsgrad (siehe Tab. 4)
- Ursache (siehe Tab. 5)
- Todeszeitpunkt

Es wurde geschätzt wie viele Jahre ein Totholzindividuum schon abgestorben ist. Dafür werden die Stufen 0–4 Jahre, 5–9 Jahre, 10–14 Jahre und 14+ Jahre verwendet.

- Anmerkungen

Tabelle 2: Zustandstyp Totholz; nach ELENA Aufnahmemanual

Code	Zustandstyp
1	Baum mit Krone: mit Blattresten
2	Baum mit Krone: mit Feinreisig
3	Baum mit Krone: mit Grobreisig, Ästen
4	Baum ohne Krone: Schaft
5	Wurzelteller
6	Stöcke
7	Baum, Baumteil: MDM messbar
8	Baumteil: MDM nicht messbar

Tabelle 3: Zersetzungsgrad Totholz; nach ELENA Aufnahmemanual

Code	Zersetzungsgrad	Rindenmerkmale	Holzmerkmale
A	Frisch tot	Rinde noch fest an Holz haftend	Nagelfest
B	Beginnende Zersetzung	Rinde beginnt abzufallen	Nagelfest
C	Fortgeschrittene Zersetzung	Rinde teilweise abgefallen	Nicht mehr nagelfest
D	Stark zersetzt, vermodert	Rinde größtenteils abgefallen	Weich, Holzstruktur noch erkennbar
E	Humus, keine Holzstruktur mehr erkennbar		

Tabelle 4: Entrindungsgrad Totholz; nach ELENA Aufnahmemanual

Code	Zersetzungstyp
1	Stamm voll berindet: 75–100 %
2	Stamm zur Hälfte berindet: 50–75 %
3	Stamm zu einem Viertel berindet: 25–50 %
4	Rinde nicht mehr vorhanden: 0–25 %

Tabelle 5: Todesursache Totholz; nach ELENA Aufnahmemanual

Code	Ursache
1	Anthropogen
2	Windwurf
3	Schneebruch
4	Konkurrenz
5	Altersbedingt
6	Borkenkäfer
7	Sonstiges

Stehendes Totholz bis zu einer maximalen Höhe von 1,4 m wurde der Kategorie „Stöcke“ zugeordnet. Dadurch war es z.B. auch möglich, dass ein Stock „frisch tot“ war oder als Zustandstyp der Kategorie „Baum ohne Krone: Schaft“ ausgewiesen wurde.

Auch für das liegende Totholz wurde eine Vollaufnahme durchgeführt. Dafür wurden alle Individuen ab einem Mittendurchmesser ≥ 10 cm aufgenommen. Folgende Parameter wurden erhoben:

- Baumart (siehe Anhang A)
- Lage: Azimut [gon] und Distanz [cm] vom Mittelpunkt zum nächstgelegenen Ende
- Ausrichtung des Totholzes [Gon]
- MDM [cm]
- Länge [cm]
 - horizontale Länge des Totholzindividuums
- Zustandstyp (siehe Tab. 2)
- Zersetzungsgrad (siehe Tab. 3)
- Entrindungsgrad (siehe Tab. 4)
- Ursache (siehe Tab. 5)
- Todeszeitpunkt
 - Es wurde geschätzt wie viele Jahre ein Totholzindividuum schon abgestorben ist. Dafür werden die Stufen 0–4 Jahre, 5–9 Jahre, 10–14 Jahre und 14+ Jahre verwendet.
- Pilzkonsolen [Anzahl]

- Pflanzendeckung

Die Pflanzendeckung in Prozent der Mantelfläche wurde getrennt nach Moosen und Gefäßpflanzen abgeschätzt.

- Anmerkungen

Des Weiteren wurde auch das flächig liegende Totholz <10 cm nach Abbildung 8 angesprochen.

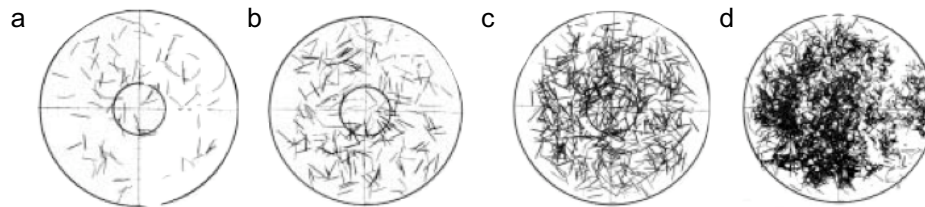


Abbildung 8: Bodenbedeckung von liegendem Totholz < 10 cm; a 3%, b 10%, c 20%, d 50%.

3.1.6 Überprüfung der Schutzfunktion

Zur Überprüfung, ob die Schutzfunktion des Waldes aktuell und zukünftig erfüllt werden kann, erfolgte in Anlehnung an den Leitfaden „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“, kurz NaiS, des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft eine Erhebung. Das NaiS-Konzept von Frehner et al (2005) ist als Instrument für die Praxis entwickelt worden, um einen nachhaltigen wirksamen Schutzwald mit minimalem Aufwand sicherzustellen. Es stützt sich auf die Annahme, dass der Waldzustand für die Wirkung gegen Naturgefahren entscheidend ist.

Je nach Waldstandort und potenzieller Naturgefahr sind im NaiS-Konzept unterschiedliche waldbauliche Anforderungsprofile ausgewiesen. Diese setzen sich aus den Merkmalen Baumartenmischung, Gefüge, Stabilitätsträger und Verjüngung zusammen. Der Handlungsbedarf in einem Gebiet erfolgt durch den Vergleich des aktuellen Waldzustands mit dem Minimalprofil – minimale Anforderungen aufgrund des Standorts und der Naturgefahr – unter der Berücksichtigung der natürlichen Walddynamik. Dafür wird die mutmaßliche Entwicklung des Bestandes ohne Eingriffe für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre geschätzt. Verglichen mit dem Minimalprofil erhält man für den jeweiligen Zeitpunkt (jetzt, in 10 Jahren, in 50 Jahren) ein Ergebnis, ob die Schutzfunktion gewährleistet ist oder nicht. (Frehner et al 2005)

Für die Überprüfung der Schutzfunktion im NWR Laaser Berg wurden das NaiS Anforderungsprofil 58 – Typischer Preiselbeer-Fichtenwald, *Larici-Piceetum typicum* – herangezogen. Die untersuchten Naturgefahren im Reservat sind Lawine und Steinschlag. Mithilfe der berechneten Werte für Bestandes-, Totholz- und Verjüngungsdaten sowie Ansprachen im Gelände konnte die Ist-Situation des Bestandes ermittelt und anschließend mit den NaiS-Anforderungen verglichen werden.

3.2 Auswertung

Die erhobenen Daten wurden für jeden der 26 Punkte in eine Excel-Datei eingegeben. Diese dienten in weiterer Folge als Basis zur Auswertung der Daten, welche sowohl in Excel als auch mit dem Statistikprogramm R ausgewertet wurden. In diesem Abschnitt wird auf einige der angewendeten Auswerteverfahren näher eingegangen.

Die statistische Überprüfung auf Signifikanz der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe des Programms R. Dafür wurde – je nachdem ob die nötigen Voraussetzungen erfüllt waren – ein t-Test, ein Mann-Whitney-U-Test oder ein Kruskal-Wallis Test durchgeführt.

3.2.1 Höhenkurven

Für die beiden Hauptbaumarten im Reservat – Fichte und Lärche – wurden Höhenkurven gerechnet, um Vergleichswerte für die Baumhöhe zur Berechnung des stehenden Totholzes zu erhalten. Es wurden mehrere Höhenkurventypen getestet und jene mit dem höchsten Bestimmtheitsmaß dann verwendet. Dies ist für die Fichte die Höhenkurve nach Prodan und für die Lärche die Höhenkurve nach Petterson. Die dazugehörigen Koeffizienten sind in Tabelle 6 zu finden. Die Höhenkurven sind in Abbildung 9 dargestellt.

Tabelle 6: Koeffizienten für die Höhenkurvenfunktionen nach Prodan (für Fichte) und Petterson (für Lärche).

Baumart	Höhenkurventyp	Koeffizienten			Bestimmtheitsmaß
		a	b	c	
Fichte	Prodan	4,836	0,879	0,018	95,1 %
Lärche	Petterson	0,153	1,921	-	84,7 %

Höhenkurve nach Prodan

$$h = \frac{d^2}{a + b * d + c * d^2} + 1,3$$

h: Höhe [m]

d: Durchmesser [cm]

a, b, c: Koeffizienten

Höhenkurve nach Petterson

$$h = \frac{1}{(a + b/d)^2} + 1,3$$

h: Höhe [m]

d: Durchmesser [cm]

a, b: Koeffizienten

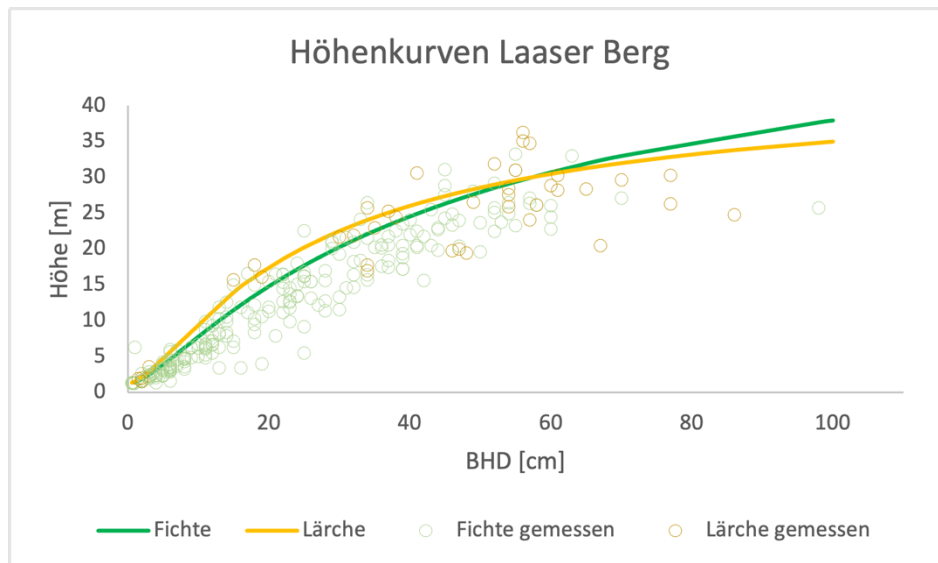


Abbildung 9: Höhenkurven für die Fichte (nach Prodan) und die Lärche (nach Petterson), die Punkte sind die gemessenen Werte für Bäume ohne Wipfelbruch.

3.2.2 Volumsberechnung

Die Berechnung des Volumens erfolgte mit Hilfe der Formzahlfunktion nach Pollanschütz (1974).

$$f_{\text{Pollanschütz}} = b_1 + b_2 * \ln^2 d + \frac{b_3}{h} + \frac{b_4}{d} + \frac{b_5}{d^2} + \frac{b_6}{dh} + \frac{b_7}{d^2 h}$$

$f_{\text{Pollanschütz}}$: Formzahl für Schaftholz mit Rinde

d: Brusthöhendurchmesser [dm]

h: Baumhöhe [dm]

b_1 - b_7 : Koeffizienten (siehe Tab. 7)

Tabelle 7: Koeffizienten zur Berechnung der Formzahl nach Pollanschütz (1974) für die verschiedenen Baumarten.

Baumart	BHD [cm]	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Fichte	≥10,5	0,468180	0,013919	-28,21300	0,374740	-0,288750	28,279000	0,000000
	5-10,5	0,563443	-0,127310	-8,550220	0,000000	0,000000	7,633100	0,000000
Lärche	≥10,5	0,60944	-0,04557	-18,66310	-0,24874	0,12659	36,97830	-14,20400
	5-10,5	0,48727	0,00000	-2,04291	0,00000	0,00000	5,99950	0,00000
Zirbe	≥5	0,525744	-0,033489	7,38943	-0,10646	0,00000	0,00000	3,34479
sonst. Laubholz	≥10,5	0,686253	-0,037150	-31,0674	-0,38632	0,219462	49,6163	-22,3719
	5-10,5	0,5173	0,00000	-13,62144	0,00000	0,00000	9,9888	0,00000

Mit Hilfe der Formzahl wurde dann, dass jeweilige Volumen des Baumes errechnet.

$$V = \frac{BHD^2 * \pi}{4} * f * h$$

V: Volumen [m³]

BHD: Brusthöhendurchmesser [m]

h: Baumhöhe [m]

f: Formzahl

3.2.3 Verjüngungszahlen

Bei der Analyse der Verjüngungszahlen wurde für jede der vier Verjüngungskategorien die Stammzahl pro Hektar berechnet, sowie eine Baumartenverteilung innerhalb der jeweiligen Klasse erzeugt. Des Weiteren wurde auch auf andere Erhebungsparameter, wie z.B. die Vitalität oder die Baumhöhe, eingegangen.

Für die Stammzahl pro Hektar wurden für die jeweiligen Kategorien sowohl die Verjüngung auf den Verjüngungsteilflächen als auch die Verjüngung auf Totholz berechnet. Für die Verjüngung auf den Verjüngungsteilflächen wurde für jeden Stichprobenpunkt ein Hektarwert mit einem spezifischen Blow-up-Faktor für die jeweilige Kategorie berechnet und anschließend wurden die Stichprobenpunktwerte gemittelt. Der Blow-up-Faktor ist hierbei abhängig von der jeweiligen Aufnahme­fläche, bei Keimlingen beträgt die Aufnahme­fläche pro Stichprobenpunkt z.B. vier Quadratmeter, was wiederum einen Blow-up-Faktor von 2500 ergibt. Für die Verjüngung auf Totholz musste hingegen für jeden Stichprobenpunkt ein spezifischer Blow-up-Faktor, welcher abhängig von der vorkommenden Totholzfläche ist, berechnet werden. Für die Berechnung der Totholzfläche wurde das liegende Totholz, sowie Stöcke herangezogen.

Aus den so erhaltenen Werten für jeden Stichprobenpunkt wurde dann die Verjüngungszahl pro Hektar für die jeweilige Kategorie gebildet. Die Anzahl pro Hektar für jeden Stichprobenpunkt, getrennt nach Verjüngung auf den Verjüngungsteilflächen bzw. Verjüngung auf Totholz, wurde wie folgt ermittelt:

$$N/ha = n * BF$$

N/ha: Stammzahl pro Hektar

n: erhobene Pflanzenindividuen auf den Verjüngungsteilflächen bzw. auf Totholz

BF: individueller Blow-up Faktor

In Tabelle 8 sind die Blow-up Faktoren für die jeweilige Verjüngungskategorie aufgelistet. Die Blow-up Faktoren pro Stichprobenpunkt für die Verjüngung auf Totholz ist in Anhang B zu finden.

Tabelle 8: Aufnahme­fläche und Blow-up-Faktor pro Stichprobenpunkt für die vier Verjüngungskategorien.

Kategorie	Aufnahme­fläche [m ²] pro Stichprobenpunkt	Blow-up Faktor
Keimlinge	4	2500
Mehrfährige	16	625
15-29,9 cm	16	625
30-129,9 cm	300	33,3

3.2.4 Ermittlung des Vorrats von Totholz

Für die Totholzberechnung wurden drei Klassen unterschieden. Diese sind das liegende Totholz, das stehende Totholz und Stöcke. Für alle Klassen wurde das Volumen pro Hektar berechnet. Des Weiteren wurden auch die anderen Aufnahme­parameter, wie z.B. der Todeszeitpunkt, die Todesursache oder auch der Zustandstyp analysiert.

Für liegendes Totholz des Zustandstyps „8 – Baumteil: MDM nicht messbar“ wurde näherungsweise der mittlere Mittendurchmesser aller messbaren liegenden Totholzstücke herangezogen. Dieser mittlere Mittendurchmesser beträgt 20,2 cm. Für die Berechnung des Volumens des liegenden Totholzes wurde die untenstehende Formel verwendet.

$$V_{TH,liegend} = \frac{MDM^2 * \pi}{4} * l$$

$V_{TH,liegend}$: Volumen des liegenden Totholzes [m³]

MDM: Mittendurchmesser [m]

l: Länge [m]

Das Volumen des stehenden Totholzes wurde folgenderweise bestimmt: Ist die Höhe des Totholzes geringer als 80 % der mittels Höhenkurve ermittelten dazugehörigen Baumhöhe, wird das Volumen mit der Höhekurvenhöhe bestimmt. Anschließend wird das Volumen mit Hilfe des Zusammenhangs zwischen Volumenprozent und Baumhöhenprozent nach Bachmann (1970) reduziert. Die verwendeten Höhenkurven sind in Kapitel 3.2.4 zu finden. Das Volumen wurde sowohl für die tatsächlich gemessene Höhe als auch für die mittels Höhenkurve ermittelte Höhe mit der Formzahlfunktion nach Pollanschütz (1974) – für Bäume mit einem BHD > 10,5 cm – bzw. nach Schieler (1988) – für Bäume mit einem BHD von 5–10,5 cm – berechnet. In Tabelle 9 sind die Koeffizienten für beide Funktionen für die jeweiligen Baumarten dargestellt.

Tabelle 9: Koeffizienten zur Berechnung der Formzahlen nach Pollanschütz (1974) - für Bäume mit einem BHD ≥10,5 cm - und nach Schieler (1988) - für Bäume mit einem BHD von 5-10,5 cm.

Baumart	BHD [cm]	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Fichte	≥10,5	0,468180	0,013919	-28,21300	0,374740	-0,288750	28,279000	0,000000
Fichte	5-10,5	0,563443	-0,127310	-8,550220	0,000000	0,000000	7,633100	0,000000
Lärche	≥10,5	0,60944	-0,04557	-18,66310	-0,24874	0,12659	36,97830	-14,20400
Lärche	5-10,5	0,48727	0,00000	-2,04291	0,00000	0,00000	5,99950	0,00000

Für Individuen unter 1,4 m Höhe – sprich die Kategorie „Stöcke“ – wurde das Volumen nach dem Verfahren von Meyer (1999) bestimmt. Zur Bestimmung des Volumens wird hierbei dem Stock ein Neiloidstumpf zugrunde gelegt. Dafür wird für die Herleitung des mittleren Durchmessers des Neiloidstumpfs eine Durchmesserzunahme von 12 % je laufenden Meter und für die Herleitung des unteren Durchmessers des Neiloidstumpfs wird ein Durchmesserzuwachs von 24 % je laufenden Meter angenommen. Der obere Durchmesser wurde im Feld erhoben. Das Volumen des Neiloidstumpfs wurde mit folgender Formel bestimmt:

$$V_{Stock} = \frac{\pi * l}{6} * (r_o^2 + 4 * r_m^2 + r_u^2)$$

V_{Stock} : Volumen des Stockes [m³]

l: Stockhöhe [m]

r_o : oberer Stockradius [m]

r_m : mittlerer Stockradius [m]

r_u : unterer Stockradius [m]

3.2.5 Schutzfunktionserfüllung

Zur Analyse der Erfüllung der Schutzfunktionen wurde eine Bewertung der Erhebungsdaten in Anlehnung an die Bewertungsverfahren von Winter (2009) und Becker (2015) durchgeführt. Für die einzelnen Merkmale der vier Bewertungsparameter Baumartenmischung, Gefüge, Stabilitätsträger und Verjüngung (siehe Tab. 10) wurde eine Punktzahl von –3 (die Anforderungen werden nicht erfüllt) bis +3 (die Anforderungen werden optimal erfüllt) vergeben. Eine Punktzahl von 0 bedeutet eine zufriedenstellende Erfüllung der Anforderungen.

Tabelle 10: Minimalanforderungen für das Larici-Piceetum typicum nach Frehner et al (2005).

Parameter	Merkmal	Minimalanforderung
Mischung	Art und Grad	Fi und Zi: 60–100 % Lä: 0–40 % Vb: Samenbäume
Gefüge	BHD-Streuung	Genügend entwicklungsfähige Bäume in mind. zwei verschiedenen Durchmesserklassen pro ha
	Horizontal	Rotten, allenfalls Einzelbäume
Stabilitätsträger	Kronen	Kronenlänge mind. 2/3
	Stand/Verankerung	Lotrechte Stämme mit guter Verankerung, nur vereinzelt starke Hänger
Verjüngung	Keimbett	Alle 12 m (80 Stellen /ha) Kleinstandorte mit Mineralerde oder Vogelbeeren vorhanden. Schutz gegen Schneegleiten (Baumstrünke, Totholz, Steine etc.) vorhanden
	Anwuchs (10 cm bis 40 cm Höhe)	An mind. 1/3 der verjüngungsgünstigen Stellen Fichte und Vogelbeere vorhanden
	Aufwuchs (bis und mit Dichtung, 40 cm Höhe bis 12 cm BHD)	Mindestens 60 Verjüngungsansätze/ha (durchschnittlich alle 13 m) Mischung zielgerecht

Aus den vergebenen Punkten für die einzelnen Merkmale wurde für jeden Stichprobenpunkt der Mittelwert berechnet, womit einerseits ein Vergleich der einzelnen Stichprobenpunkte möglich wurde und andererseits ein Gesamtbild für den Bestand ermittelt werden konnte. Die gemittelten Werte wurden in drei Klassen eingeteilt (siehe Tab. 11).

Tabelle 11: Einteilung der Erfüllung der Schutzfunktion anhand des Mittelwerts.

Mittelwert	Klasse
-3 bis -0,1	Schutzfunktion wird nicht erfüllt
0 bis 0,9	Schutzfunktion wird zufriedenstellend erfüllt
1,0 bis 3,0	Schutzfunktion wird optimal erfüllt

Die Stichprobenpunkte im Reservat wurden auch für die Naturgefahren Lawine und Steinschlag mittels Punktesystem überprüft. Die Anforderungen des Bestandes gegenüber der jeweiligen Naturgefahr stammen wiederum aus dem NaiS-Konzept.

Um die Schutzfunktionen gegenüber Lawinen zu bestimmen, wurden zunächst die potenziell lawinengefährdeten Flächen über die Hangneigung identifiziert. Nach Frehner et al (2005)

stellen Flächen mit einer Neigung unter 58 % keine Gefahr als Anbruchstellen für Lawinen dar, dies trifft auf neun der 26 Probeflächen im NWR Laaser Berg zu. Auf den lawinengefährdeten Stichprobenpunkten wurde die Erfüllung des Lawinenschutzes durch ein Punkteschema nach dem „Ja/Nein-Prinzip“ durchgeführt. Wurde ein Kriterium erfüllt, gab es einen Punkt, wurde es nicht erfüllt, sind keine Punkte vergeben worden. Die Anforderungen für den Lawinenschutz sind in Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Anforderungen für den Lawinenschutz, sowie das Punkteschema zur Beurteilung der jeweiligen Kriterien.

Anforderung	erfüllt	Punkte
max. Lückengröße in Abhängigkeit der Hangneigung wird nicht überschritten	ja	1
	nein	0
Deckungsgrad >50%	ja	1
	nein	0
Minimalanforderungen aufgrund des Standorttyps sind erfüllt	ja	1
	nein	0

Für die Bestimmung des Steinschlagschutzes wurde dasselbe Prinzip angewendet. Der Waldbestand des NWR Laaser Berg kann hauptsächlich als Transitgebiet für Steinschlag angesehen werden. Es gibt zwar ein paar Stichprobenpunkte, die der Hangneigung nach dem Ablagerungsgebiet zugeordnet werden können, da es sich hierbei zumeist nur um kleinräumige Neigungsänderungen und nicht um generelle Hangverflachungen handelt, wurde für die Bewertung der Schutzfunktionserfüllung das gesamte Reservat als Transitgebiet angesehen. Die Anforderung für den Steinschlagschutz sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Anforderungen für den Steinschlagschutz, sowie das Punkteschema zur Beurteilung der jeweiligen Kriterien.

Anforderung	erfüllt	Punkte
Mindeststammzahl je Hektar mit gefordertem BHD	ja	1
	nein	0
liegendes Holz und hohe Stöcke als Ergänzung zu stehenden Bäumen	ja	1
	nein	0
Minimalanforderungen aufgrund des Standorttyps sind erfüllt	ja	1
	nein	0

Der Steinschlagschutz wurde für die „Steingrößen“ Klein, Mittel und Groß getrennt überprüft. Dafür wurde die Anforderung „Mindeststammzahl je Hektar mit gefordertem BHD“ mit den Kriterien aus Tabelle 14 bewertet.

Tabelle 14: Anforderungen an die verschiedenen Steingrößen nach Frehner et al (2005).

Steingröße	Definition	Anforderung
Klein	Steine bis 0,05 m ³ Durchmesser ca. 40cm	mind. 400 Bäume/ha mit BHD > 12 cm
Mittel	Steine 0,05 m ³ bis 0,20 m ³ Durchmesser ca. 40–60 cm	mind. 300 Bäume/ha mit BHD > 24 cm
Groß	Steine 0,20 m ³ bis 5,0 m ³ Durchmesser ca. 60–180 cm	mind. 150 Bäume/ha mit BHD > 36 cm

Die Punktzahlen für jeden Stichprobenpunkt wurden sowohl für den Lawinen- als auch Steinschlagschutz gemittelt und in drei Klassen eingeteilt (siehe Tab. 15). Dies erfolgte einerseits um einen Vergleich zwischen den einzelnen Stichprobenpunkten zu bekommen und andererseits um einen Überblick über den Gesamtzustand des Bestandes zu erhalten.

Tabelle 15: Einteilung der gemittelten Punktwerte in Schutzfunktionsklassen.

Mittelwert	Klasse
0	Schutzfunktion wird nicht erfüllt
0,1 bis 0,9	Schutzfunktion wird zum Teil erfüllt
1	Schutzfunktion wird erfüllt

Diese Schritte wurden anschließend für die prognostizierten Bestandeswerte für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre wiederholt. Für die Bewertung des Lawinenschutzes wurde eine Verringerung der Lückengröße sowie eine Erhöhung des Überschirmungsgrades angenommen. Zur Steinschlagschutzbewertung wurden die Stammzahlklassen aus dem Jahr 2021 in die nächsthöhere Stammzahlklasse überführt. Eine mögliche Reduktion durch Ausfälle oder Kalamitäten wurde dabei nicht berücksichtigt.

4 Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf die Daten der 26 Probeflächen im NWR Laaser Berg. Sofern sich bestimmte Ergebnisse auf eine andere Anzahl an Probeflächen beziehen, wird darauf gesondert hingewiesen. Aufgrund dessen, dass sich alle 26 Probeflächen in der Waldgesellschaft „Larici-Piceetum“ befinden, wird in der Folge nicht extra eine Auswertung für die Waldgesellschaft durchgeführt.

4.1 Beschreibung des Ist-Zustands des NWR Laaser Berg

4.1.1 Charakterisierung des Standorts

Das Naturwaldreservat Laaser Berg weist hauptsächlich – zu 85 % – südliche bis west-südwestliche exponierte Flächen auf (siehe Abb. 10).

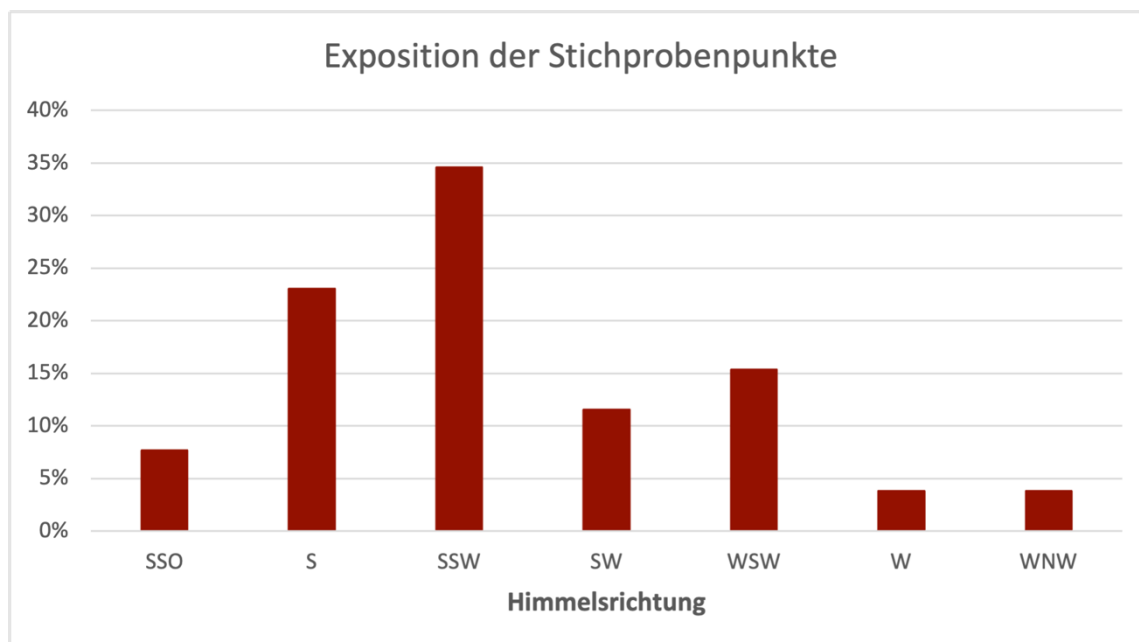


Abbildung 10: Anteil der Stichprobenpunkte in den Expositionsklassen in Prozent.

Die mittlere Hangneigung der Probeflächen beträgt 59,8 % bei einem Wertebereich von 20 % bis 80 %. Der Großteil aller Stichprobenpunkte (65,4 %) weist eine Hangneigung zwischen 51 und 70 % auf (siehe Abb. 11). Hangneigungen unter 41 % bzw. über 71 % kommen nur auf 15,4 % der Probeflächen vor und bilden somit die Ausnahme.

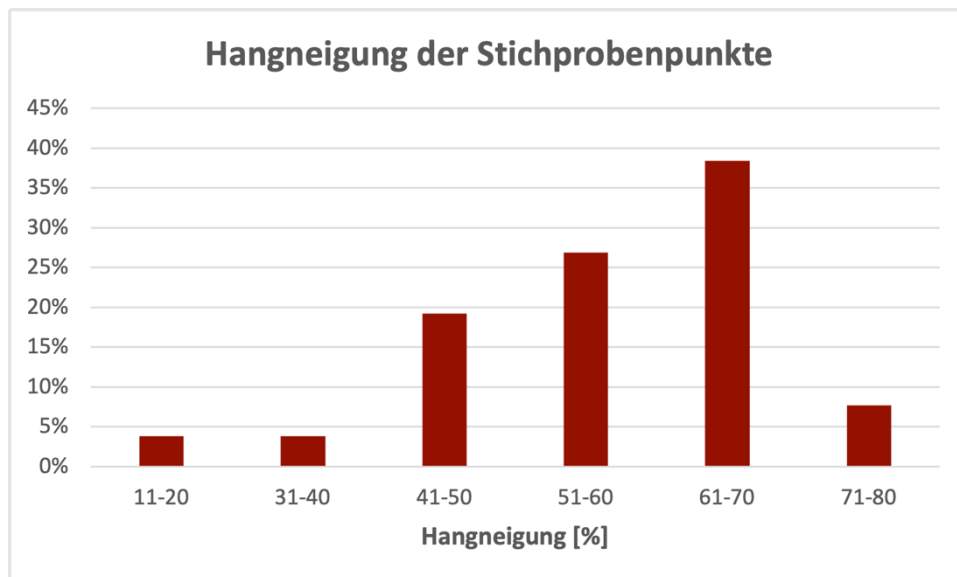


Abbildung 11: Anteil der Stichprobenpunkte in den Hangneigungsklassen in Prozent.

Das Mesorelief im Reservat ist über die Stichprobenpunkte hinweg sehr ausgeglichen und zu einem Großteil durch einen Mittelhang geprägt. Außerdem kommen zu kleinen Teilen noch die Ausprägungen Oberhang, Hangversteilung und Hangverflachung vor (siehe Abb. 12). Für das Mikorelief wurde auf allen Probepunkten die Kategorie Blockflur, Halde ausgewiesen.

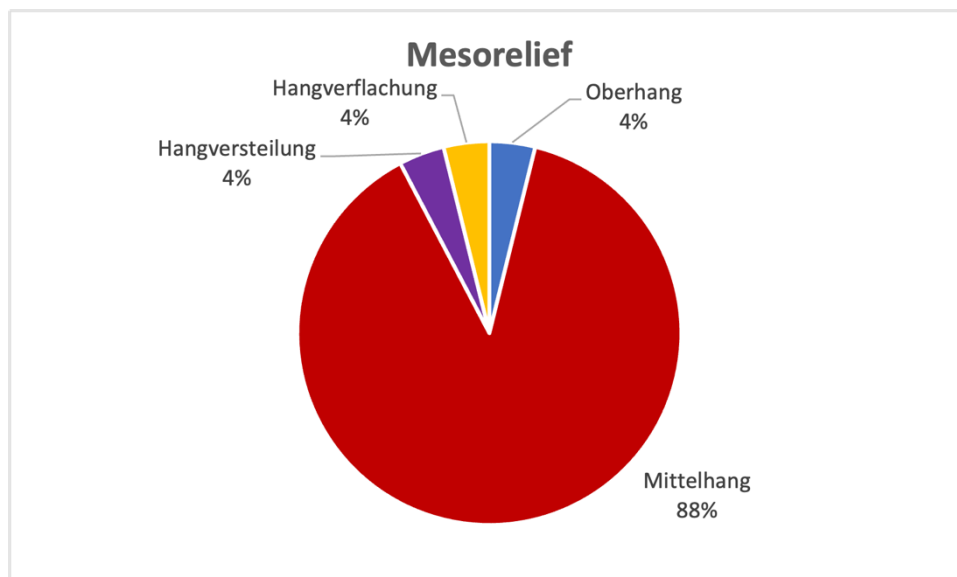


Abbildung 12: Anteile der Stichprobenpunkte an den Mesorelief-Formen im NWR in Prozent.

Die Verjüngungsteilflächen weisen so wie auch schon die Probeflächen selbst eine zum größten Teil südlich bis südwestliche Exposition aus (siehe Abb. 13). Im Vergleich zu den Stichprobenpunkten ist das Expositionsspektrum für die Verjüngungsflächen größer und reicht von Südosten bis West-Nordwesten. 88 % aller Verjüngungsflächen haben eine südliche bis westliche Exposition.

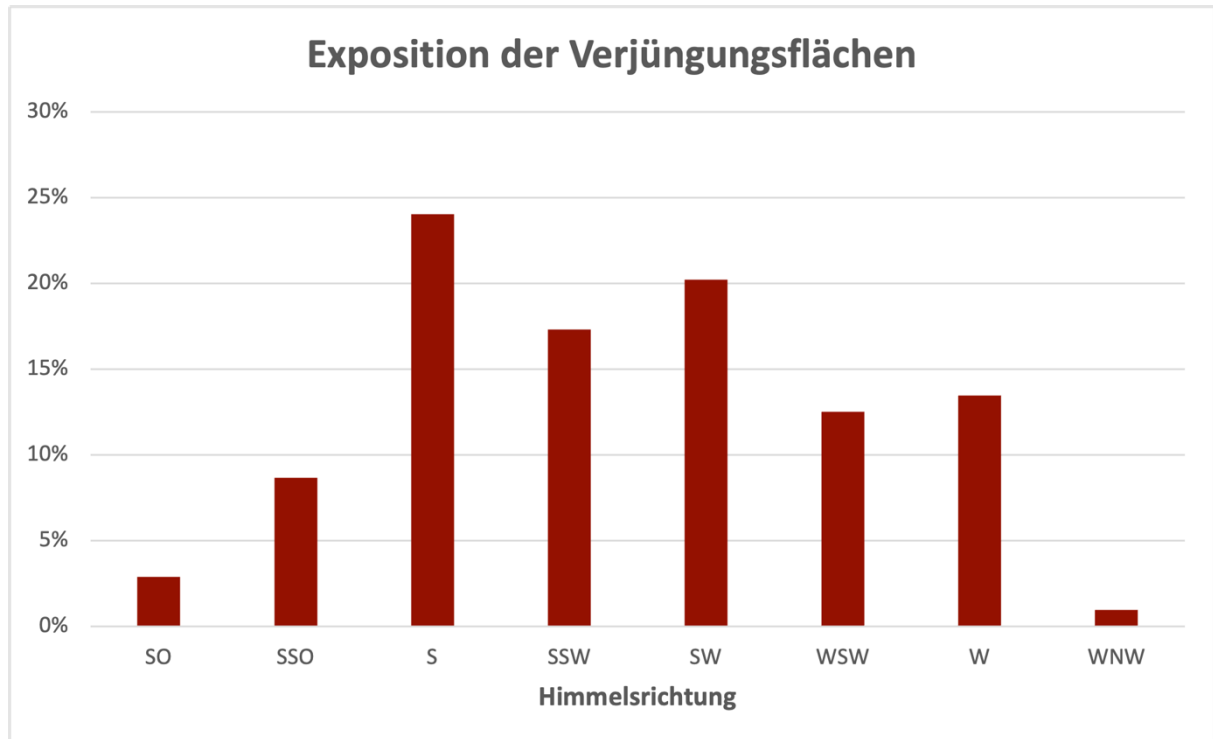


Abbildung 13: Anteil der Verjüngungsflächen (n=104) in den Expositionsklassen in Prozent.

Während die mittlere Hangneigung der Stichprobenpunkte bei 59,8 % liegt, beträgt diese für die Verjüngungsteilflächen im Mittel 43,1 % bei einer Spreitung von 0 % bis über 100 %. Betrachtet man Abbildung 14 erkennt man, dass der Anteil der einzelnen Neigungsklassen untereinander ziemlich ausgewogen ist, erst für die Klassen 91–100 und > 100 nimmt der Anteil deutlicher ab. Auffallend ist auch, dass mit 15,7 % die Klasse 0–10 den größten Anteil stellt.

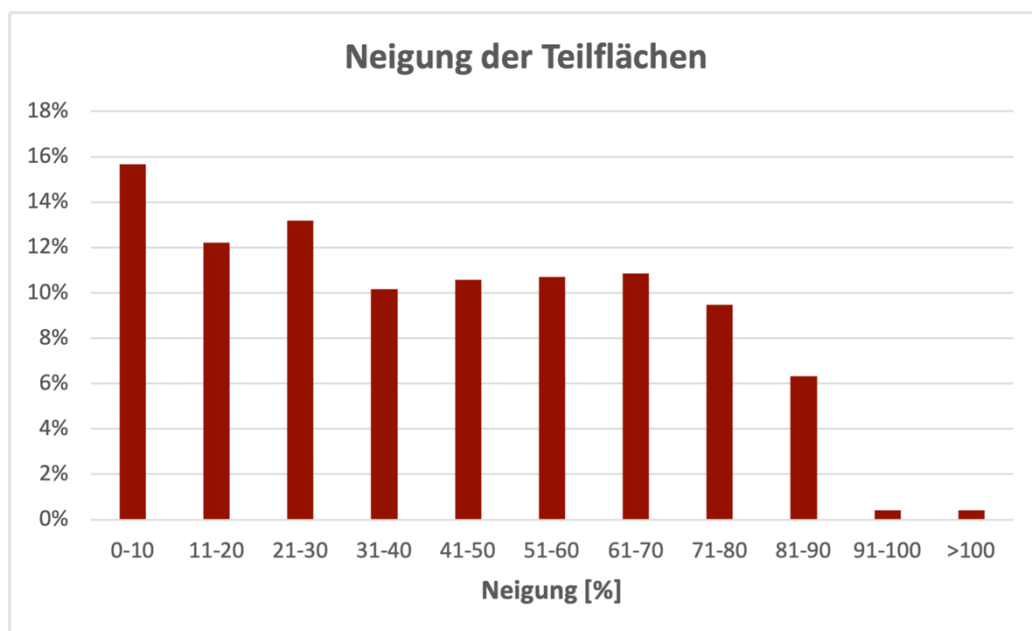


Abbildung 14: Anteile der Verjüngungsteilflächen (n=728) an den Neigungsklassen in Prozent.

Bei der Bodenbedeckung wurden neun der zehn möglichen Klassen unterschieden, einzig die Kategorie „Schutt“ ist nicht festgestellt worden (siehe Abb. 15). Am häufigsten war die Klasse „Streu“ mit 35,6 %, gefolgt von der Klasse „Moose“ mit 21,9 %. Ebenfalls häufiger vorgekommen ist die Klasse „Astmaterial (lebend und tot)“ mit einem Anteil von 15,9 %. Selten aufgetreten sind die Klassen „Lebendholz“ mit 1,9 %, „offener Boden“ mit 0,5 % und „Flechten“ mit 0,1 %.

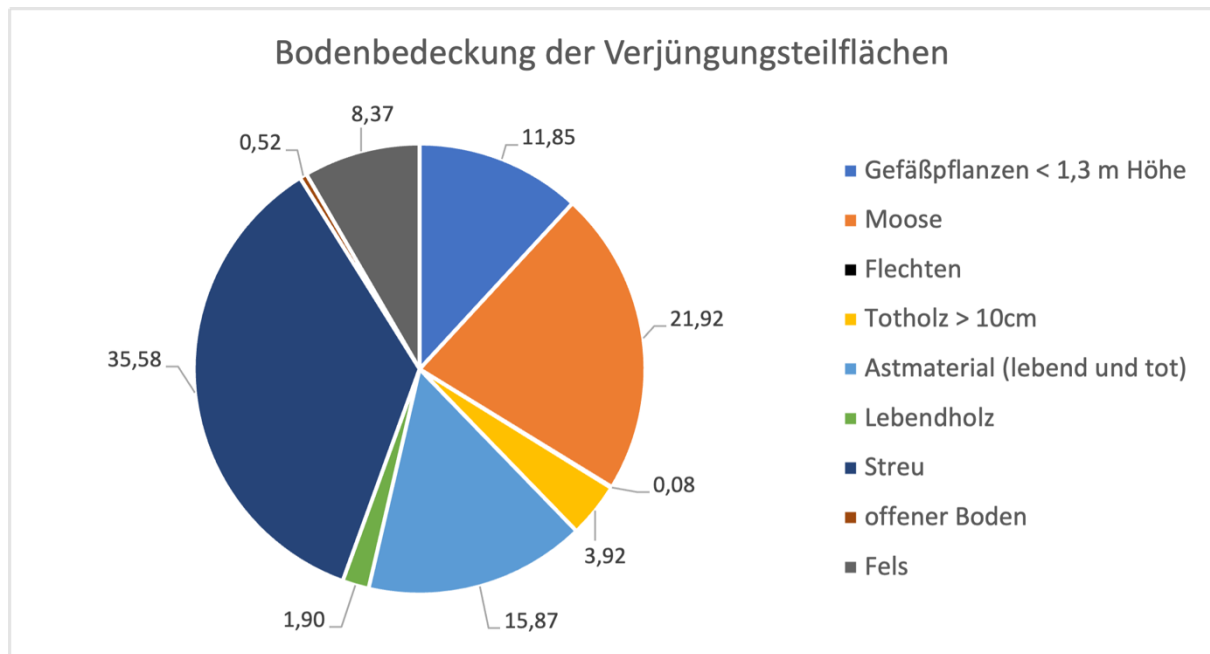


Abbildung 15: Prozentanteil der Bodenbedeckung der Verjüngungsteilflächen.

4.1.2 Bestandesdaten

Im NWR sind mit Fichte, Lärche und Zirbe alle typischen Baumarten des subalpinen Fichtenwalds vertreten. In den tieferen Lagen des Reservats konnte auch vereinzelt die Birke, die Vogelbeere und die Waldkiefer beobachtet werden, diese Baumarten fanden allerdings keinen Eingang in die Bestandesdaten. Tabelle 16 zeigt die Grundfläche, den Vorrat und die Stammzahl basierend auf der Auswertung der Daten für den fixen Probekreis.

Tabelle 16: Mittelwert und Standardabweichung der Stammzahl, Grundfläche und des Vorrats der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe) für das NWR Laaser Berg getrennt nach Baumarten.

Baumart	Stammzahl		Grundfläche		Vorrat	
	n/ha	%	m ² /ha	%	Vfm/ha	%
Fichte	490 ±218	85,65	36,21 ±13,64	71,89	293,3 ±143,3	68,07
Lärche	73 ±69	12,78	13,75 ±13,14	27,3	134,8 ±127,7	31,28
Zirbe	8 ±24	1,35	0,41 ±1,82	0,81	2,8 ±13,5	0,65
Salweide	1 ±7	0,22	0,002 ±0,01	0,004	0,004 ±0,02	0,001
Σ	572 ±241	100	50,37 ±16,28	100	430,9 ±194,2	100

Im Reservat hat die Fichte den größten Anteil aller Baumarten. Während die Lärche noch eine bedeutende Rolle spielt, kommt die Zirbe nur in einem sehr geringen Maß vor und die Salweide tritt nur einzeln auf. Der mittlere Vorrat des NWR Laaser Berg beträgt $430,9 \pm 194,2$ Vfm/ha. Die mittlere Stammzahl des Reservats liegt bei 572 ± 241 n/ha und die Grundfläche beträgt $50,37 \pm 16,28$ m²/ha. Die Unterschiede zwischen den Baumarten wurden mithilfe eines Kruskal-Wallis-Tests auf ihre Signifikanz überprüft. Dabei konnten sowohl für die Stammzahl als auch die Grundfläche und den Vorrat signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten festgestellt werden. Für alle drei Größen ist der p-Wert $< 0,00001$.

Abbildung 16 zeigt die prozentuelle Verteilung der vorkommenden Baumarten für Stammzahl, Grundfläche und Vorrat. Vorratsmäßig hat die Fichte einen Anteil von rund 68 %, die Lärche kommt auf rund 31 %. Stammzahlmäßig hat die Fichte mit knapp 86 % einen noch höheren Anteil an der Gesamtsumme. Die Lärche hält knapp 13 % der gesamten Stammzahl. Über alle drei Kategorien (Stammzahl, Grundfläche und Vorrat) hinweg kommen die Fichte und die Lärche zusammen immer auf mindestens 98 % Anteil von der Gesamtsumme.

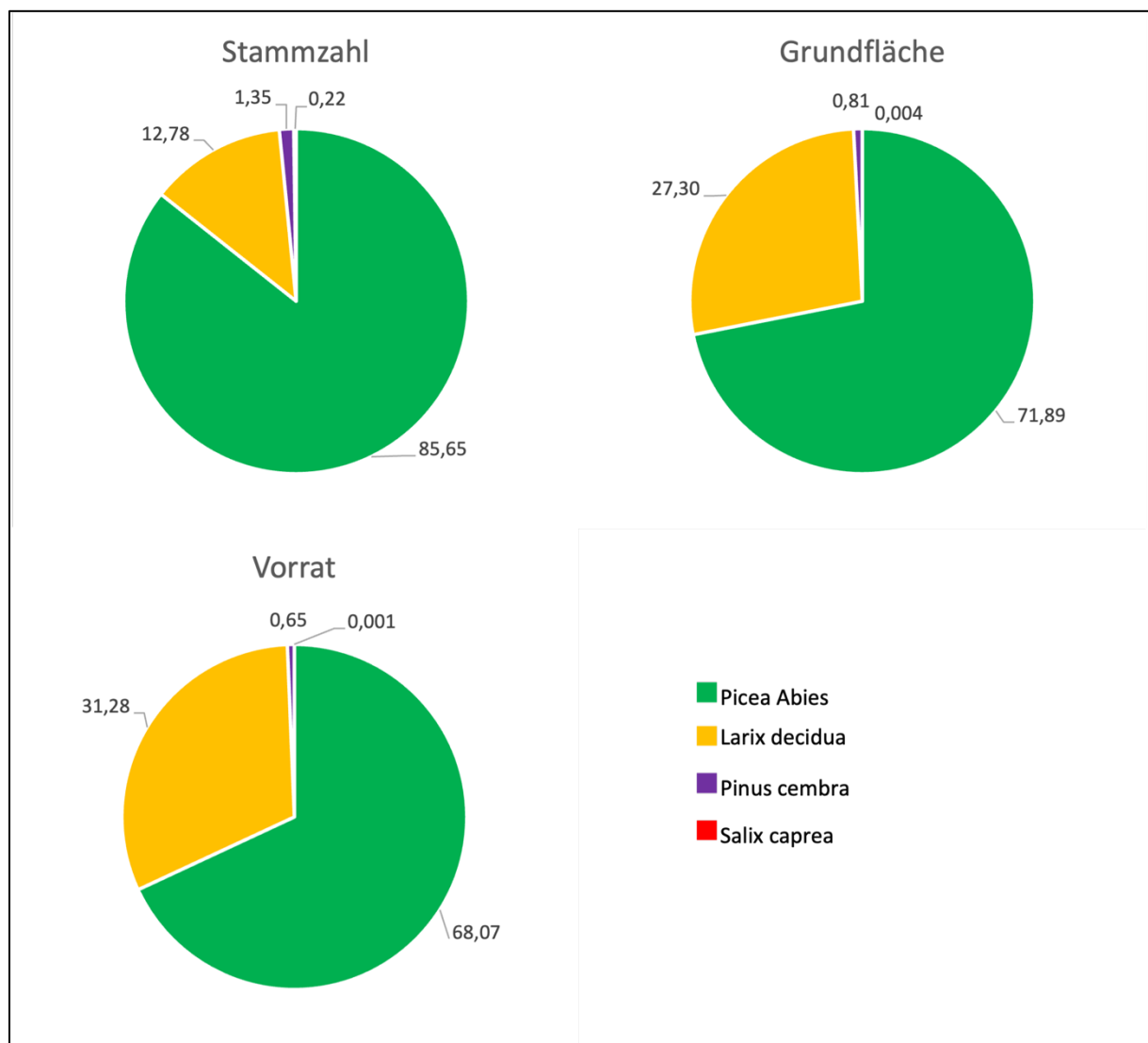


Abbildung 16: Baumartenanteile in Prozent für Stammzahl, Grundfläche und Vorrat je Hektar für die Baumarten im Bestand $\geq 1,3$ m Höhe.

Anhand der Durchmesser-Verteilung (Abb. 17) erkennt man, dass Fichte bis zu einem Durchmesser von 55 cm die größten Anteile hat. Ab einem Durchmesser von ≥ 55 cm hat die Lärche die größten Anteile. Ebenfalls erkennen lässt sich, dass die Zirbe einerseits in den BHD-Klassen von 5–19,9 cm und andererseits auch in der Klasse 55–59,9 cm vorkommt, in den mittleren BHD-Klassen kommt die Zirbe nicht vor. Die Salweide ist nur in der kleinsten BHD-Klasse vertreten. Fichte und Lärche kommen hingegen in fast allen Durchmesser-Klassen vor. Auffallend ist auch, dass die kleinste Klasse (0–4,9 cm) nicht die stammzahlstärkste Klasse bildet.

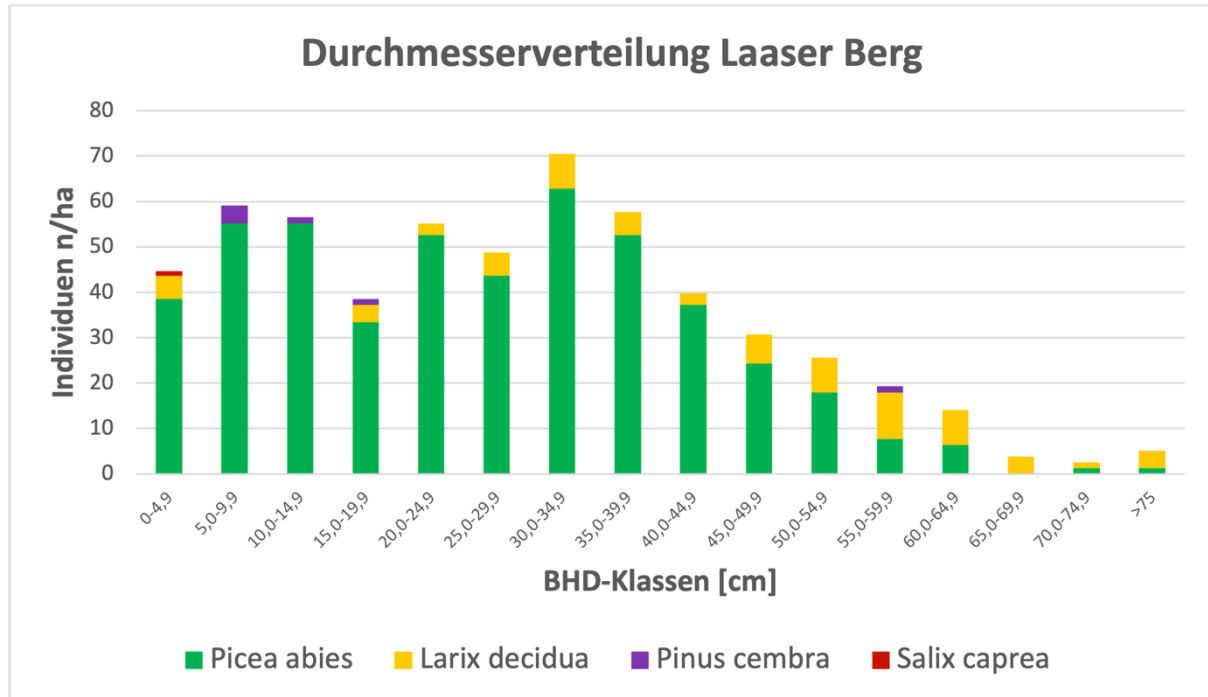


Abbildung 17: BHD-Verteilung nach Baumarten und Individuenzahl (572 n/ha) der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe).

In Abbildung 18 ist die Höhenverteilung nach Baumarten dargestellt. Hierbei lässt sich erkennen, dass sich die meisten Individuen in den niedrigen und mittleren Höhenklassen befinden. In den größten Höhenklassen kommt es zu einem starken Individuenrückgang pro Klasse, über 40 m Höhe sind keine Individuen mehr zu finden. Die Lärche kommt in allen Höhenklassen vor, die Fichte in allen Klassen bis 34,9 m Höhe. Die Zirbe ist in den kleinen und mittleren Höhenklassen vorzufinden, während die Salweide sich nur in der kleinsten Klasse befindet. Ebenfalls ersichtlich ist, dass der Lärchenanteil ab der Höhenklasse 5,0–9,9 m stetig zunimmt.

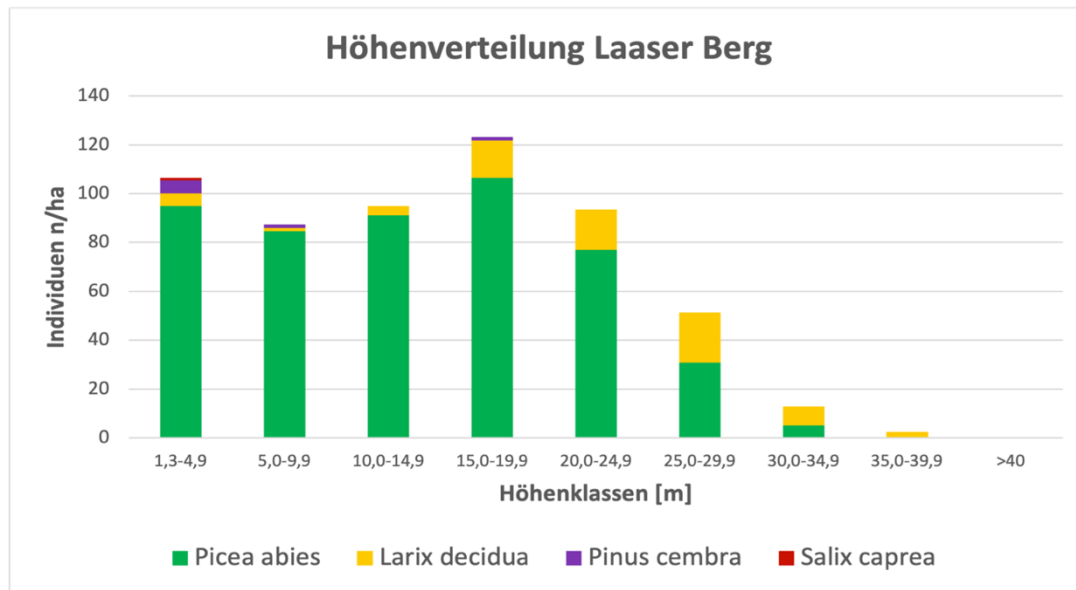


Abbildung 18: Baumhöhenverteilung nach Baumarten und Individuenzahl (572 n/ha) der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe).

Bei 40,38 % aller Individuen wurde ein-Wipfel- oder Schaftbruch festgestellt. Abbildung 19 zeigt den Anteil an gebrochenen, aber noch lebenden, Individuen für die jeweilige Baumart. Die Salweide ist gar nicht von Brüchen betroffen, während die Lärche nur einen geringen Anteil an gebrochenen Stämmen hat. Fichte und Zirbe haben jeweils einen Anteil von rund 40 % gebrochener Individuen an der gesamten Individuenzahl. Schaftbrüche treten nur bei der Fichte auf. Auf die Situation der Fichte wird in Abbildung 17 näher eingegangen.

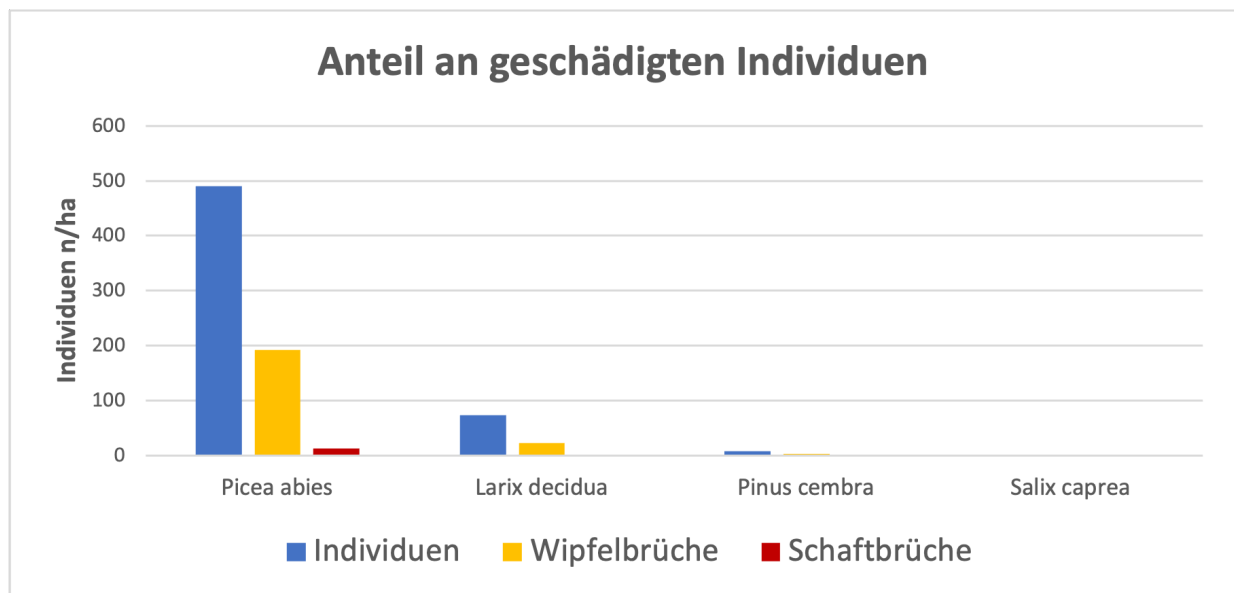


Abbildung 19: Verteilung von Individuen mit Wipfel- oder Schaftbrüchen (231 n/ha) nach Baumarten im Vergleich zur gesamten Individuenzahl (572 n/ha).

Anhand von Abbildung 20 erkennt man das Ausmaß der Schäden an der Fichte sehr gut. Bis auf die größte Höhenklasse (30–34,9 m Höhe) sind alle Höhenklassen von Schäden betroffen, wobei das Schadausmaß in der Klasse 1,3–4,9 m Höhe gering ist. In den Höheklassen von 10–14,9 m und 15–19,9 m Höhe gibt es sogar mehr geschädigte Individuen als Gesunde.

Schaftbrüche kommen nur selten vor und bilden die Ausnahme. Das Schadausmaß für Lärche, Zirbe und Salweide ist in Abbildung 48 in Anhang B zu finden.

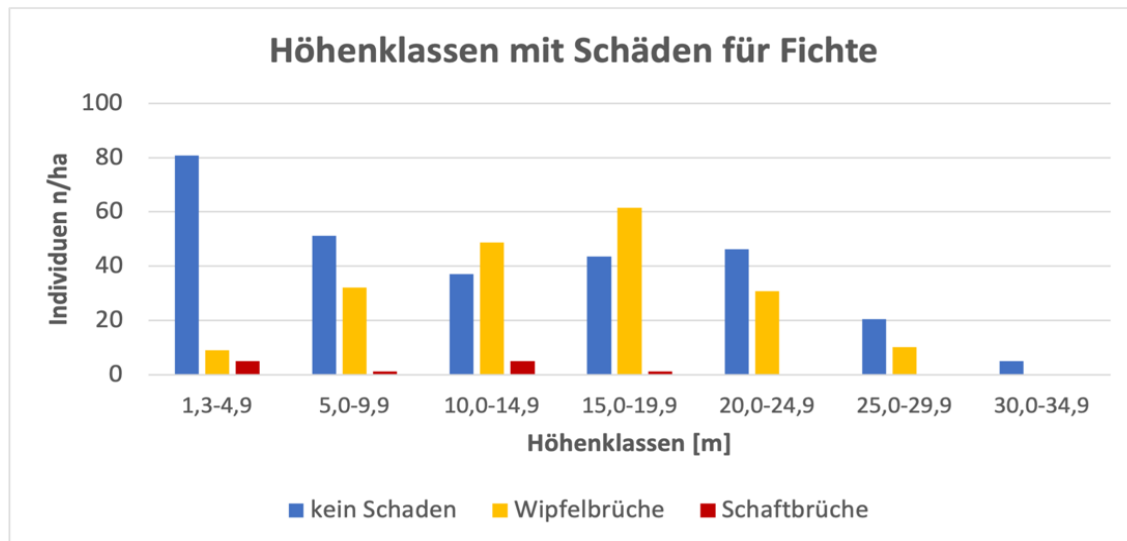


Abbildung 20: Höhenverteilung für Fichte nach Individuen ohne Schaden (285 n/ha) und Anzahl der Individuen mit Wipfelbruch (192 n/ha) und Schaftbruch (13 n/ha).

Tabelle 17 zeigt die H/D-Werte für das NWR Laaser Berg. 91,7 % aller Individuen weisen einen H/D-Wert unter 80 auf, was auf den ersten Blick ausgezeichnet erscheint. Hierbei gilt es allerdings zu beachten, dass dies die Werte für das gesamte Reservat sind, also auch für die geschädigten Individuen. Dadurch wird auch der H/D-Wert für den gesamten Bestand nach unten gedrückt.

Tabelle 17: H/D-Werte in Prozent nach Baumarten.

Baumart	H/D-Wert					
	< 60	60–79,9	80–99,9	100–119,9	120–139,9	> 139
Fichte	66,5 %	25,7 %	4,7 %	0,5 %	0,5 %	2,1 %
Lärche	64,9 %	22,8 %	5,3 %	3,5 %	3,5 %	0,0 %
Zirbe	66,7 %	33,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Salweide	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Σ	66,1 %	25,6 %	4,7 %	0,9 %	0,9 %	1,8 %

Es wurde auch der H/D-Wert der gesunden, sprich nicht gebrochenen, Individuen berechnet (siehe Tabelle 46, Anhang B). Es ergibt sich ein ähnliches Bild, auch bei den gesunden Individuen haben 87,6 % einen H/D-Wert kleiner 80.

Tabelle 18 zeigt wiederum das Kronenprozent für alle Individuen. 62,1 % der Bäume weisen dabei ein Kronenprozent von über 50 % auf. Betrachtet man nur die unbeschädigten Individuen ergibt sich ein Wert von 65,5 % für ein Kronenprozent über 50 % (siehe Tabelle 47, Anhang B). Die Unterschiede zwischen dem Wert für alle Individuen und den Unbeschädigten, sind nicht allzu groß.

Tabelle 18: Kronenprozent in Prozent nach Baumarten.

Baumart	Kronenprozent			
	< 25 %	25–49,9 %	50–74,9 %	75–100 %
Fichte	9,4 %	25,9 %	42,7 %	22,0 %
Lärche	17,5 %	40,4 %	36,8 %	5,3 %
Zirbe	0,0 %	16,7 %	33,3 %	50,0 %
Salweide	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %
Σ	10,3 %	27,6 %	41,9 %	20,2 %

Bei der Einrichtung des Naturwaldreservats wurden im Jahr 1998 sechs WZP-Punkte für die Berechnung des Entgelts eingerichtet. Auf diesen sechs Punkten wurde für einen längerfristigen Vergleich neben dem fixen Probekreis auch eine WZP durchgeführt. Tabelle 19 zeigt die Ergebnisse für die Vorratsbestimmung mittels WZP und fixem Probekreis für die Stichprobenpunkte 1-6. Auf die Veränderung zwischen den Erhebungsjahren wird in Kapitel 4.2.1.1 eingegangen.

Tabelle 19: Mittelwert und Standardabweichung für den Vorrat im NWR Laaser Berg für die Stichprobenpunkte 1-6. (Erhebungsverfahren Winkelzählprobe bzw. fixer Probekreis; Probeflächenanzahl = 6)

Baumart	Vorrat WZP		Vorrat fixer Probekreis	
	Vfm/ha	%	Vfm/ha	%
Fichte	316,9 ±222,7	60,8	305,8 ±191,4	53,2
Lärche	204,6 ±98,9	39,2	268,9 ±129,9	46,8
Σ	521,4 ±242,4	100	574,7 ±270,2	100

Bei den Ergebnissen der WZP (Tabelle 19) fällt auf, dass im Vergleich zu den Erhebungen mittels fixem Probekreis für das gesamte Reservat (vgl. Tabelle 16) nur Fichte und Lärche vorkommen. Vergleicht man allerdings die Ergebnisse zwischen WZP und fixem Probekreis für die Stichprobenpunkte 1-6 untereinander, erhält man ähnliche Ergebnisse. Auffallend ist, dass bei der Erhebung mittels fixem Probekreis ein deutlich höherer Lärchenanteil, sowohl absolut als auch prozentuell, zu erkennen ist. Die Unterschiede zwischen WZP und fixen Probekreis sind auf den verglichenen sechs Stichprobenpunkten nicht signifikant ($p = 0,8$).

4.1.3 Verjüngungsdaten

In der Verjüngung des Bestandes konnten bis auf die Salweide alle Baumarten der Baumschicht festgestellt werden, hinzu gekommen ist vereinzelt auch noch Verjüngung der Vogelbeere. Tabelle 20 zeigt die Verjüngungszahlen für die vier Verjüngungskategorien.

Tabelle 20: Mittelwert und Standardabweichung der Verjüngungszahlen pro Hektar nach Kategorien.

Kategorie	Keimlinge	Mehrjährige	15-29,9 cm	30-129,9 cm
Anzahl [n/ha]	2991 ±5687	7028 ±10141	369 ±998	948 ±2629

Die höchste Verjüngungszahl im NWR hat die Kategorie der Mehrjährigen mit 7028 Individuen pro Hektar, gefolgt von den Keimlingen. Anschließend folgt die Verjüngungskategorie 30–129,0 cm mit 948 Individuen pro Hektar. Die geringsten Verjüngungszahlen weist die Kategorie 15–29,9 cm auf.

Abbildung 21 zeigt die Baumartenanteile in den jeweiligen Verjüngungskategorien. In allen Kategorien überwiegt die Fichte deutlich, in der Kategorie 15–29,9 cm ist sie die einzig vorkommende Baumart. Während die Lärche bei den Keimlingen noch einen Anteil von 36,6 % hat, wird dieser mit zunehmendem Alter immer geringer und beträgt in der Klasse 30–129,9 cm nur mehr 0,9 %. Ähnlich verhält es sich mit der Zirbe, die zwar einen Anteil von 6,3% bei den Mehrjährigen hat, in der Kategorie 30–129,9 cm jedoch nur mehr 0,1 %. Unter den Keimlingen waren keine Zirben zu finden. Die Vogelbeere konnte nur in der Klasse der Mehrjährigen festgestellt werden.

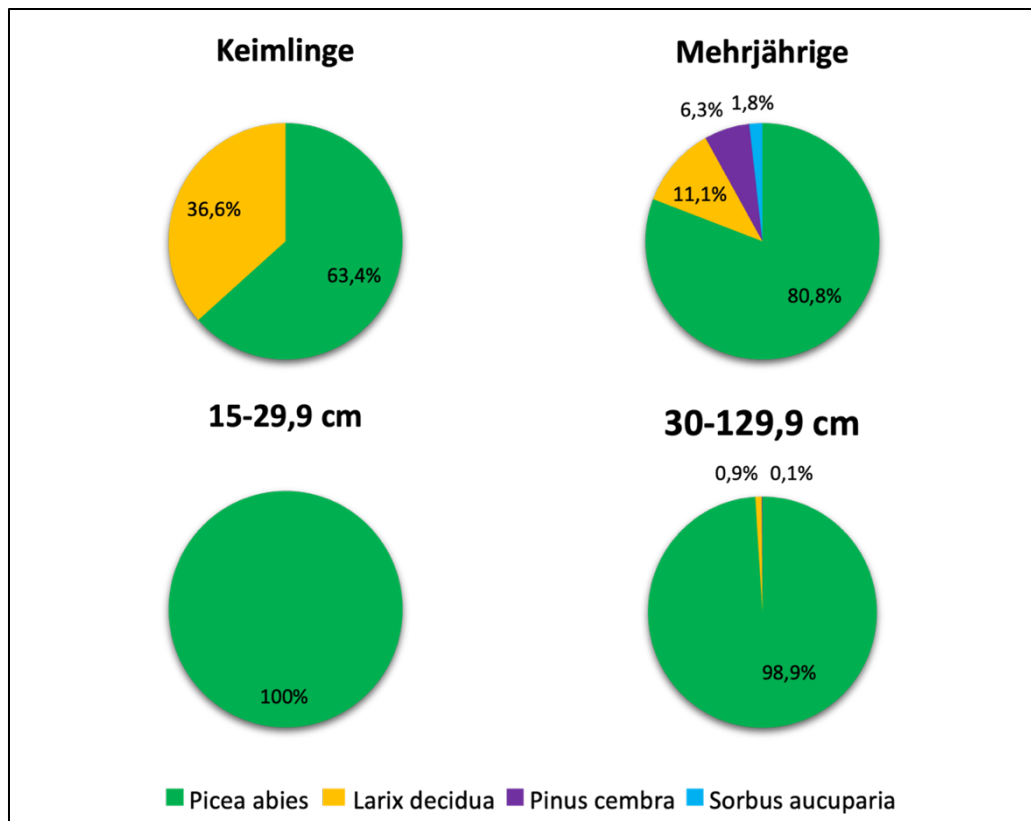


Abbildung 21: Baumartenanteile in Prozent nach Individuen in den einzelnen Verjüngungskategorien.

Abbildung 22 zeigt die Anzahl aller Verjüngungskategorien zusammen, die Klasse 30–129,9 cm wurde hierfür in drei Unterkategorien unterteilt. Diese sind 30–59,9 cm, 60–89,9 cm und 90–129,9 cm. Nur die Fichte kommt in allen Kategorien vor, die Lärche fehlt nur in der Kategorie von 15–29,9 cm. Bei der Fichte überwiegt deutlich die Kategorie der Mehrjährigen vor den Keimlingen, die vier Kategorien zwischen 15 und 129,9 cm weisen untereinander keine allzu großen Unterschiede auf. Bei der Lärche kommt es über die vertretenen Klassen zu einer kontinuierlichen Abnahme der Individuen pro Hektar, wobei für die Klasse 90–129,9 cm nur mehr ein Individuum vorkommt. Obwohl die Zirbe in der Klasse der Mehrjährigen eine relativ hohe Verjüngungszahl hat, fällt sie in den anderen Kategorien bis auf ein Individuum vollständig aus. Die Vogelbeere hat den geringsten Anteil aller Baumarten in der Verjüngung und kommt nur in der Klasse der Mehrjährigen vor.

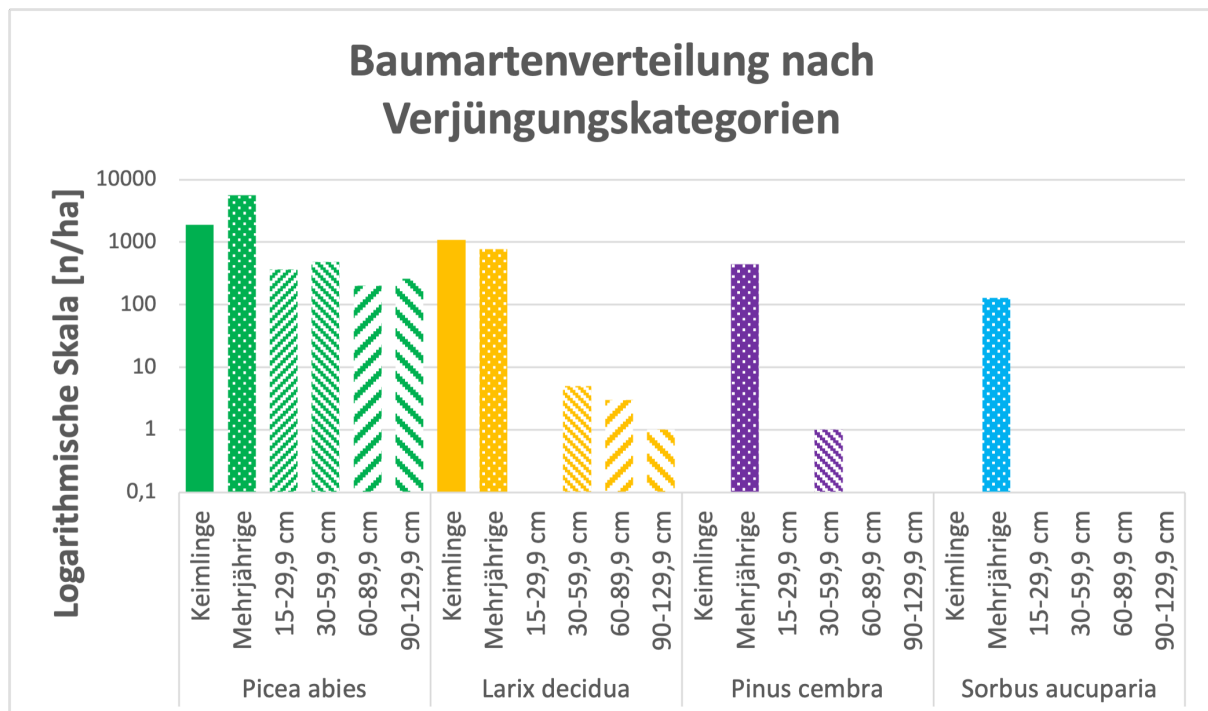


Abbildung 22: Baumartenverteilung nach Verjüngungskategorien. Logarithmische Skala (Individuen pro Hektar).

Abbildung 23 zeigt die Vitalitätsklassen (1: sehr gut; 2: mittel; 3: schlecht) für die beiden Kategorien 15–29,9 cm und 30–129,9 cm. In der Klasse 15–29,9 cm, in der nur die Fichte vorkommt, dominiert die Vitalitätsklasse mit 61,7%. Die schlechteste Vitalitätsklasse 3 kommt nicht vor. Für die Kategorie 30–129,9 cm dominieren mit 68,2 % ebenfalls Individuen mit Vitalität 2. Allerdings haben in dieser Kategorie 21,6 % aller Individuen Vitalität 3 und somit einen schlechten Gesundheitszustand. Nur 9,1 % der Individuen weisen einen sehr guten Gesundheitszustand auf.

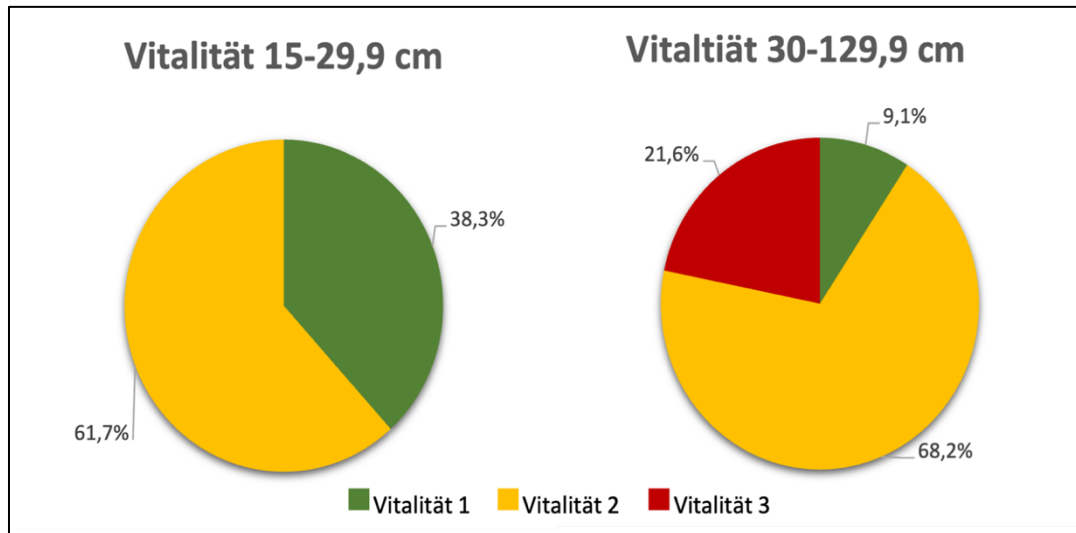


Abbildung 23: Verteilung der Vitalitätsklassen getrennt nach Verjüngungskategorien.

Für die Fichte überwiegt sowohl in der Kategorie 15-29,9 cm als auch für die Kategorie 30-129,9 cm Vitalität 2 (siehe Abb. 24). Während die Individuenzahl mit Vitalität 1 für Pflanzen mit 30-129,9 cm Höhe geringer wird, steigt die Anzahl an Pflanzen mit Vitalität 2 und Vitalität 3.

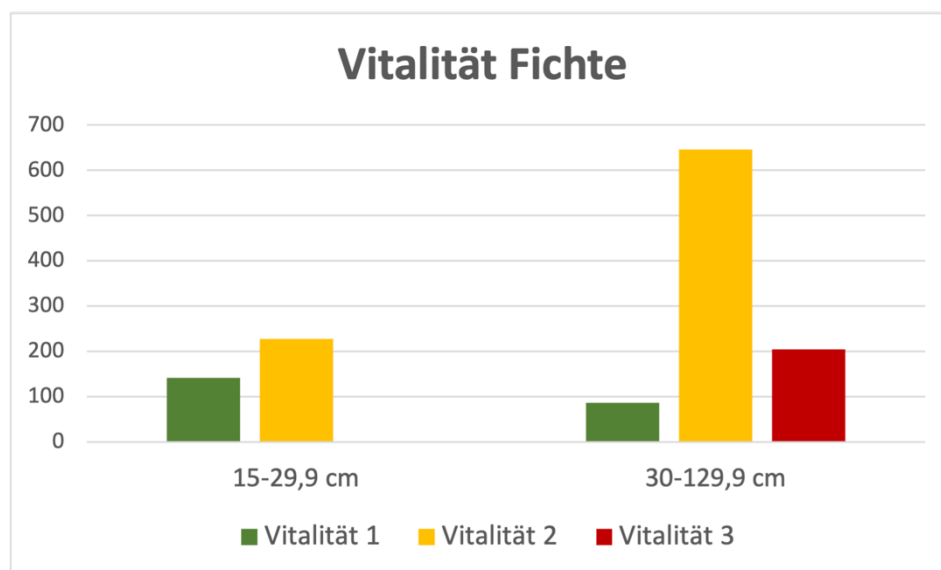


Abbildung 24: Vitalitätsklassen für Fichte getrennt nach Verjüngungskategorien.

In Abbildung 25 ist die Vitalität für Lärche und Zirbe dargestellt. Hier erkennt man, dass für die Lärche Vitalität 1 deutlich überwiegt. Bei der Zirbe wurden nur Individuen mit Vitalität 1 festgestellt.

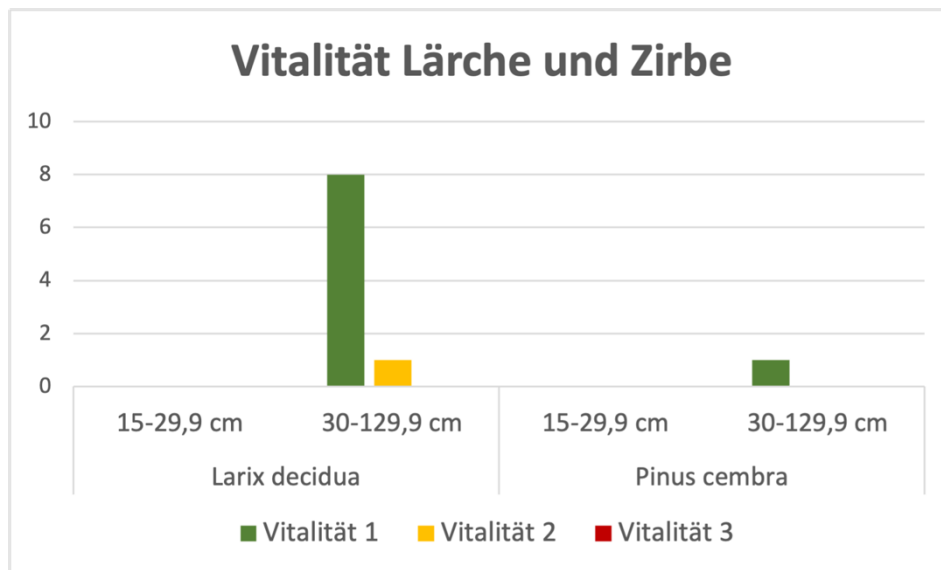


Abbildung 25: Vitalitätsklassen für Lärche und Zirbe getrennt nach Verjüngungskategorien

Bei der Verjüngung von 15–129,9 cm weisen 65,3 % aller Individuen einen Schaden auf. 22 % der Individuen sind mehrfach geschädigt. Unter den geschädigten Individuen sind Schneeschäden mit 39,7 % der häufigste Schadfaktor, gefolgt von Schalenwildverbiss mit 32,1 % (vgl. Abb. 26). Ebenfalls häufiger festgestellt wurden Pilzschäden mit 9,9 % – zumeist der schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) – und Fegeschäden mit 6,1 %.

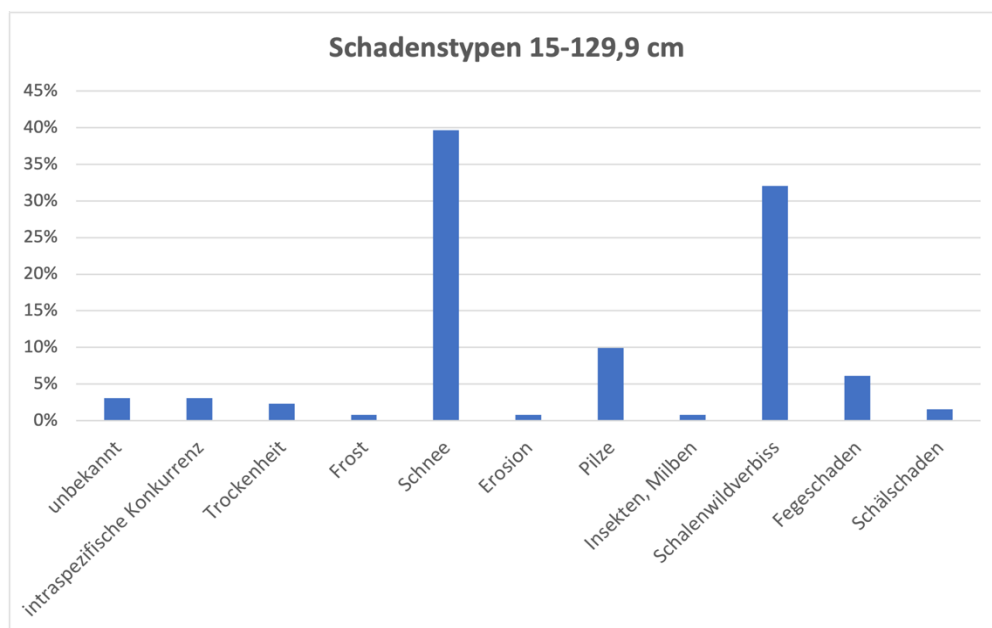


Abbildung 26: Schadenstypen in Prozent für die Verjüngung von 15–129,9 cm Höhe.

In Abbildung 27 wird nochmals näher auf die Verbissschadenssituation eingegangen. 31 % der Verjüngung von 15–129,9 cm Höhe weisen einen Verbissschaden auf, wobei nur die Fichte verbissen ist. Diese 31 % wurden wiederum in drei Verbissklassen unterteilt. Bei 7 % der Individuen ist der Terminaltrieb verbissen und bei 9 % sind die Seitentriebe verbissen. Bei 15 % sind sowohl der Terminaltrieb als auch Seitentriebe vom Verbiss betroffen.

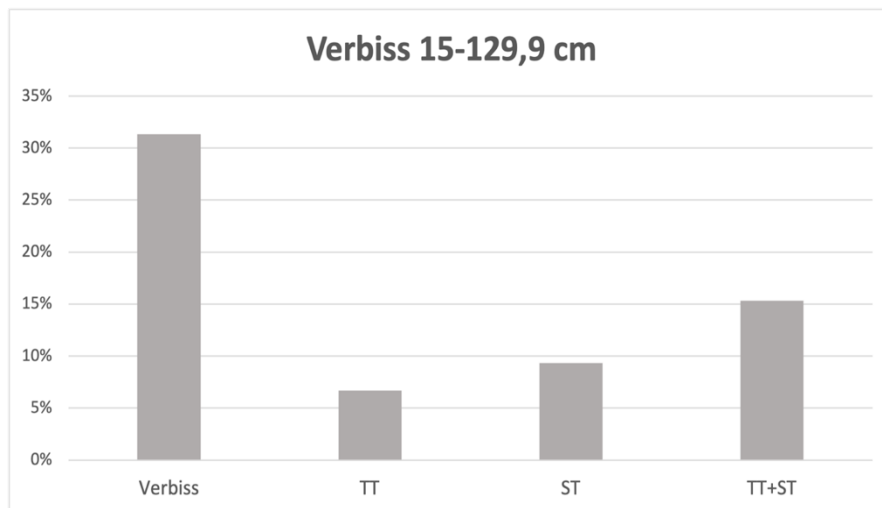


Abbildung 27: Verbissklassen (Verbiss: Individuum ist verbissen; TT: Terminaltriebverbiss; ST: Seitentriebverbiss; TT+ST: Terminal- und Seitentriebverbiss) für Verjüngung von 15-129,9 cm Höhe.

Bei der Betrachtung des Kleinstandorts für Pflanzen zwischen 15–129,9 cm wiesen 23 % der Individuen keine Besonderheiten auf (Abb. 28). 19 % der Pflanzen wurden auf einem erhöhten Standort nachgewiesen und 15 % befanden sich im Traufbereich der Oberschicht. Auf Stichprobenpunkt 22 wurde der besondere Kleinstandort „Moosteppich auf Blockschutt“ ausgewiesen, welcher ebenfalls 15 % der Individuen ausmacht. Ersichtlich ist auch die Bedeutung von Totholz für die Verjüngung, da 25 % aller Pflanzen zwischen 15 und 129,9 cm auf Totholz nachgewiesen wurden. Aufgrund dessen, dass für manche Individuen mehrere Kleinstandorte festgestellt wurden (z.B. erhöht und im Traufbereich) ergibt die Summe alle Kleinstandorte über 100 %.

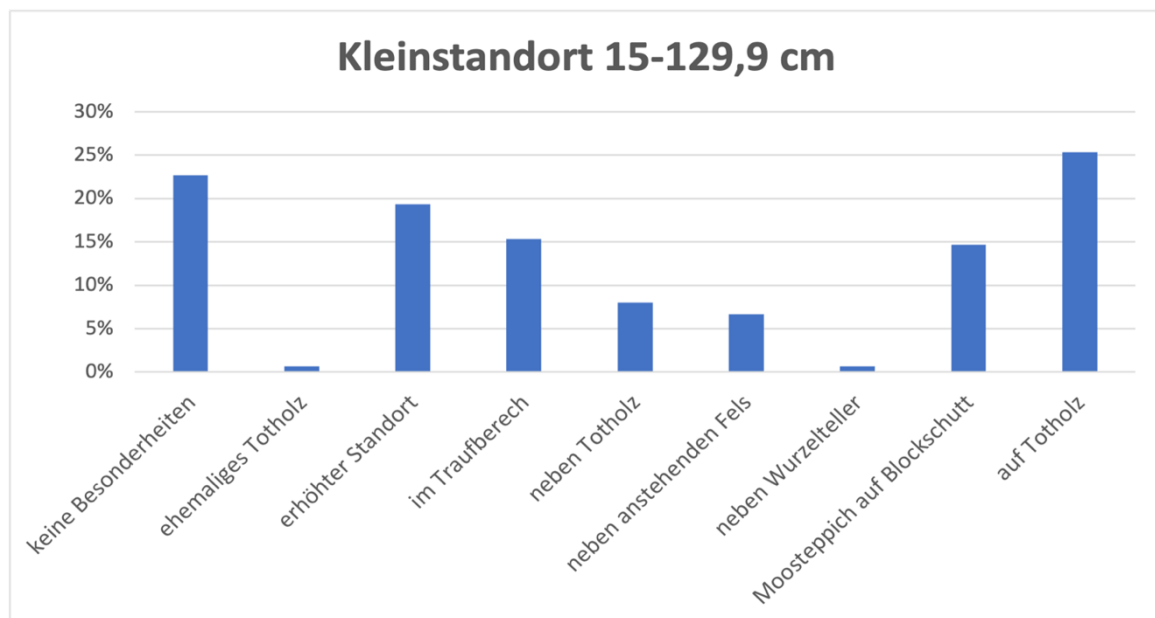


Abbildung 28: Kleinstandorte der Baumindividuen für die Verjüngungskategorien 15–29,9 cm und 30–129,9 cm in Prozent.

Wie bereits beschrieben, weisen die verschiedenen Verjüngungskategorien untereinander größere Unterschiede auf was ihre Anzahl und Baumartenzusammensetzung betrifft. Ebenso verhält es sich mit dem Vorkommen der einzelnen Kategorien auf den Probeflächen. Eine wichtige Rolle spielt vor allem für die jüngeren Individuen das Vorhandensein von Totholz. Tabelle 21 zeigt, auf wie viel Prozent aller Stichprobenpunkte Naturverjüngung, in den verschiedenen Kategorien, nachgewiesen wurde. Außerdem wird auch auf den Fundort, also auf Verjüngungsteilfläche bzw. auf Totholz, eingegangen. Ergänzend zeigt die Tabelle auch auf wie viel Prozent der Stichprobenpunkte keine Verjüngung gefunden wurde. Erwartungsgemäß kommt es zwischen den Kategorien je nach Aufnahmeort zu teils deutlichen Unterschieden. Abgesehen von der Klasse 30–130 cm ist die Anzahl der Individuen in der Naturverjüngung auf Totholz immer höher als auf den Verjüngungsteilflächen. In dieser Klasse ist auch der Unterschied zwischen den Aufnahmeorten, also auf den Verjüngungsteilflächen bzw. auf Totholz, am größten, so kommt auf der Verjüngungsteilfläche – für die Klasse 30–130 cm der gesamte Probekreis – auf 62 % aller Aufnahmepunkte Verjüngung dieser Klasse vor. Für den Aufnahmeort Totholz trifft dies nur auf 12 % aller Probeflächen zu. Die Klasse 15–30 cm kommt auf der Verjüngungsteilfläche nur auf 4 % aller Probepunkte vor, was nur einem von 26 Punkten entspricht. Insgesamt konnte allerdings auf 85 % aller Stichprobenpunkte Naturverjüngung nachgewiesen werden.

Tabelle 21: Vorkommen von Naturverjüngung auf den Stichprobenpunkten in Prozent getrennt nach Verjüngungskategorie und Aufnahmeort bzw. Anteil der Stichprobenpunkte an denen keine Verjüngung aufgefunden worden ist.

Verjüngungs- kategorie	Verjüngung vorhanden			keine Verjüngung vorhanden		
	Aufnahmeort			Aufnahmeort		
	Teilflächen	Totholz	Gesamt	Teilflächen	Totholz	Gesamt
Keimlinge	19 %	31 %	38 %	81 %	69 %	62 %
Mehrjährige	50 %	62 %	73 %	50 %	38 %	27 %
15-30 cm	4 %	12 %	15 %	96 %	88 %	85 %
30-130 cm	62 %	12 %	62 %	38 %	88 %	38 %
Gesamt	69 %	73 %	85 %	31 %	27 %	15 %

In Tabelle 22 ist die Aufteilung der Individuen pro Hektar zwischen den Aufnahmeorten dargestellt, sprich ob die Verjüngung auf den Verjüngungsteilflächen bzw. auf Totholz gefunden wurde. Von den insgesamt 11336 Verjüngungsindividuen pro Hektar können 78 % dem Aufnahmeort Totholz zugeteilt werden. Bei den Mehrjährigen mit 87 % und in den Kategorien 15–30 cm mit 93 % und 30–130 cm mit 85 % ist der Anteil der Individuen, die dem Aufnahmeort Totholz entsprechen noch höher. Nur in der Klasse der Keimlinge ist die Anzahl der auf den Teilflächen bzw. auf Totholz vorkommenden Individuen ausgeglichen.

Die vier Kategorien wurden hinsichtlich des Vorkommens auf den Teilflächen bzw. auf Totholz auch auf signifikante Unterschiede überprüft. Dabei wurde für die Kategorien Mehrjährige ($p = 0,04$) und 30-130 cm ($p = 0,002$) ein signifikanter Unterschied festgestellt. Bei den Kategorien Keimlinge ($p = 0,28$) und 15-30 cm ($p = 0,28$) waren die Unterschiede hingegen nicht signifikant.

Tabelle 22: Anteile der Verjüngung in Prozent für die Aufnahmeorte "Teilfläche" und "Totholz".

Verjüngungskategorie	Anteile Verjüngung	
	auf Teilfläche	auf Totholz
Keimlinge	48 %	52 %
Mehrfährige	13 %	87 %
15-30 cm	7 %	93 %
30-130 cm	15 %	85 %
Gesamt	22 %	78 %

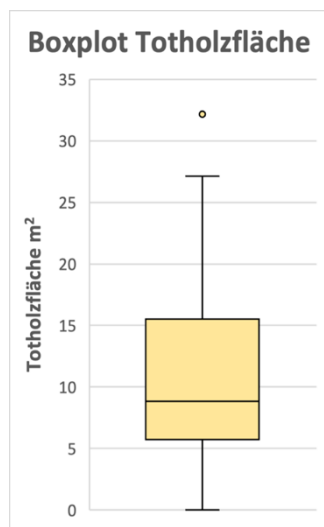


Abbildung 29: Boxplot der Totholzfläche. Minimum: 0; Maximum: 32,16; Median: 8,85.

Für die Berechnung der Individuen auf Totholz wurde wie in den Methoden bereits erwähnt ein individueller Blow-up Faktor für jeden Stichprobenpunkt in Abhängigkeit von der jeweiligen Totholzfläche berechnet. Naturgemäß waren die Unterschiede bei der Totholzfläche pro Punkt recht unterschiedlich. Abbildung 29 zeigt ein Boxplot der Totholzfläche der 26 Punkte. Das Minimum beträgt 0 m², wobei nur an einem der 26 Punkte kein liegendes Totholz bzw. kein Stock gefunden wurde. Das Maximum hingegen beträgt 32,16 m² und der Median 8,85 m². Im Mittel hat jeder Aufnahmepunkt eine Totholzfläche von 11,32 m².

Aufgrund des vielen frischen liegenden Totholzes (siehe Abb. 33) ist in der Zukunft sicherlich mit einer noch stärkeren Verjüngung auf Totholz zu rechnen.

Für die Bewertung des Höhenzuwachses für die Verjüngungsklassen 15–30 cm und 30–130 cm wurde die Höhenzuwächse der letzten fünf Jahre gemittelt. Individuen mit Terminaltriebverbiss und Individuen, die aus anderen Gründen nicht messbar waren, wurden nicht mit einbezogen. Abbildung 30 zeigt die Verteilung der Höhenzuwächse für die einzelnen Baumarten. Zur besseren Veranschaulichung ist für Lärche und Zirbe ein Teilausschnitt dargestellt. Fichte kommt vor allem in den Zuwachsklassen 10–20, 20–30 und 30–40 vor. Über 80 mm Höhenzuwachs kommt keine Fichte mehr vor. Bei der Lärche hingegen kommen auch in den Klassen > 90 mm noch Individuen vor. Die Zirbe ist nur in der Klasse 20–30 mm vertreten. Für Fichtenverjüngung ergeben sich über die beiden Verjüngungsklassen 15–30 cm und 30–130 cm ähnliche Mittelwerte für den Höhenzuwachs von 26,5 mm bzw. 27,0 mm. Lärche und Zirbe kommen nur in der Klasse 30–130 cm vor und haben über alle Individuen einen mittleren Höhenzuwachs von 74,7 mm bzw. 30,0 mm.

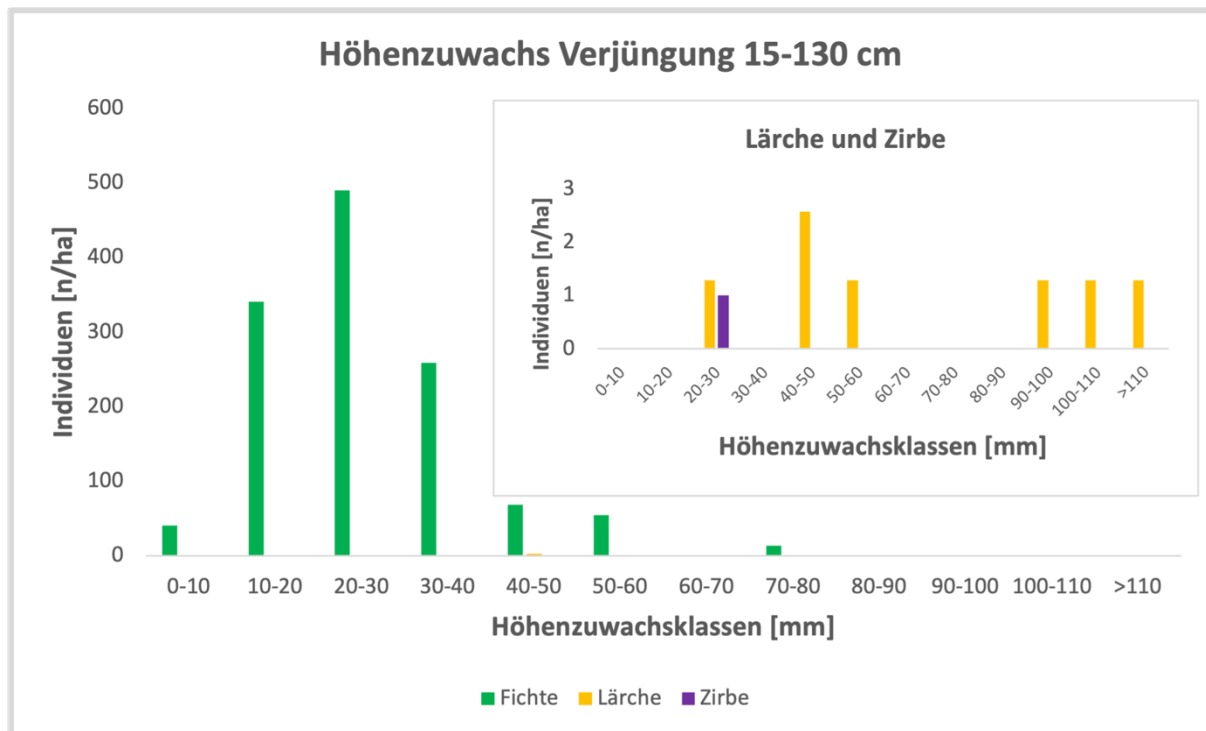


Abbildung 30: Anzahl der Individuen der Verjüngungskategorien 15-30 cm und 30-130 cm verteilt über die Höhenzuwachsklassen (n=1276). Lärche und Zirbe sind im Teilausschnitt rechts oben gesondert dargestellt (n=10).

4.1.4 Totholzdaten

Aufgrund von Schadereignissen in den Jahren 2018-2020 herrscht im NWR Laaser Berg ein großes Totholzaufkommen von $96,02 \text{ m}^3/\text{ha} \pm 74,5 \text{ m}^3/\text{ha}$, was 22 % des Bestandesvolumens entspricht. Den größten Anteil an der Totholzmenge hat das liegende Totholz mit $70,4 \text{ m}^3/\text{ha}$, doch auch das Volumen des stehenden Totholzes mit $19,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ ist hoch. In Tabelle 23 ist neben dem mittleren Volumen auch die Anzahl an Totholzstücken pro Hektar abgebildet.

Tabelle 23: Mittelwert und Standardabweichung der Stammzahl und des Volumens des Totholzes nach Totholzkatgorien.

stehendes Totholz $\geq 5 \text{ cm}$		liegendes Totholz $\geq 10 \text{ cm}$		Stöcke $\geq 5 \text{ cm}$	
Anzahl [n/ha]	Volumen [m^3/ha]	Anzahl [n/ha]	Volumen [m^3/ha]	Anzahl [n/ha]	Volumen [m^3/ha]
69 ± 75	19,9 $\pm 34,1$	221 ± 129	70,4 $\pm 62,1$	73 ± 74	5,9 $\pm 8,2$

Auch liegendes Totholz unter 10 cm Durchmesser ist im Reservat stark vorhanden (vgl. Abb. 31). Auf allen Probepunkten wurde Totholz in dieser Kategorie festgestellt. Auf ca. 58 % der Probeflächen wurde ein starkes Vorkommen (11–50 % Flächenanteil) festgestellt und auf knapp 31 % der Probeflächen ein durchschnittlich stärkeres Vorkommen (4–10 % Flächenanteil).

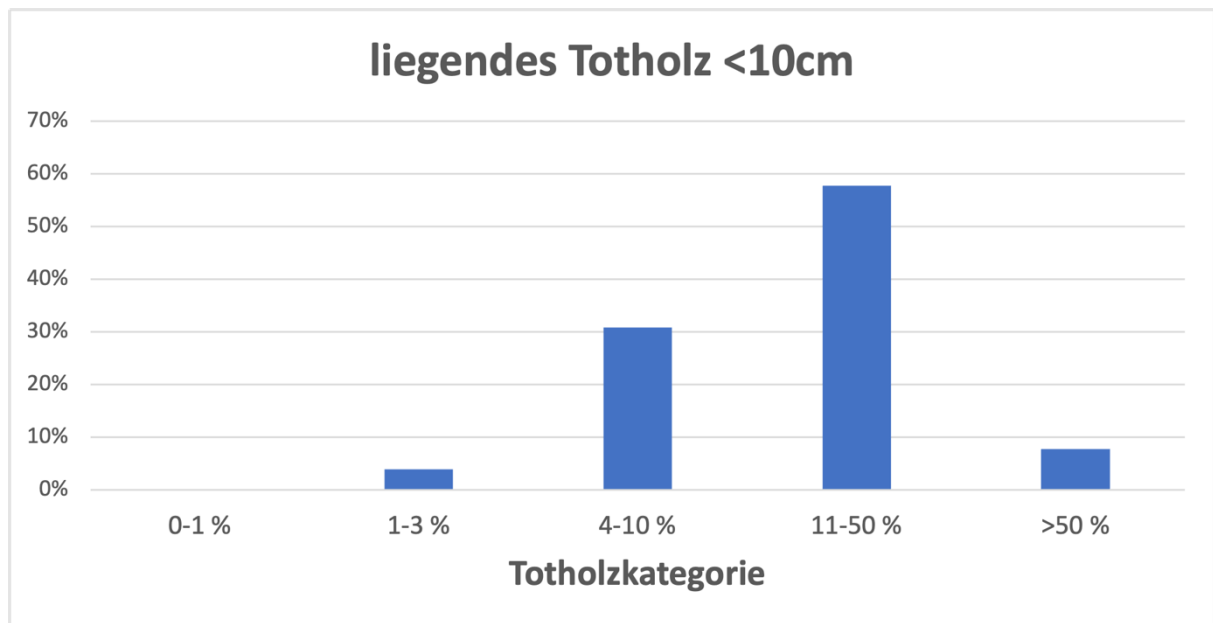


Abbildung 31: Verteilung der Totholzkategorien (Bedeckung der Bodenfläche in Prozent) für das liegende Totholz unter 10 cm Durchmesser in Prozent.

Abbildung 32 zeigt die Baumartenanteile nach Individuenzahl und Volumen für das liegende und stehende Totholz und für Stöcke. Sowohl für das liegende als auch für das stehende Totholz ist die Fichte in Individuenzahl und Volumen die dominierende Baumart, wobei die Fichte vor allem beim liegenden Totholz mit 71,5 % der Individuen und 76,9 % des Volumens einen sehr großen Anteil hat. Beim liegenden Totholz ist der Anteil von Zirbe und Birke sehr gering und macht für das Volumen jeweils unter 1 % aus. 14,9 % der liegenden Individuen bzw. 7,1 % des liegenden Volumens konnten keiner Baumart mehr zugeordnet werden. Beim stehenden Totholz waren nur Fichte und Lärche vertreten, wobei jeweils die Fichte dominiert. Bei den Stöcken waren 69,9 % der Individuen nicht mehr bestimmbar, was 57,6 % des Volumens bedeutet. Etwas mehr als ein Viertel des Volumens bei den Stöcken macht die Lärche mit 28,8 % aus.

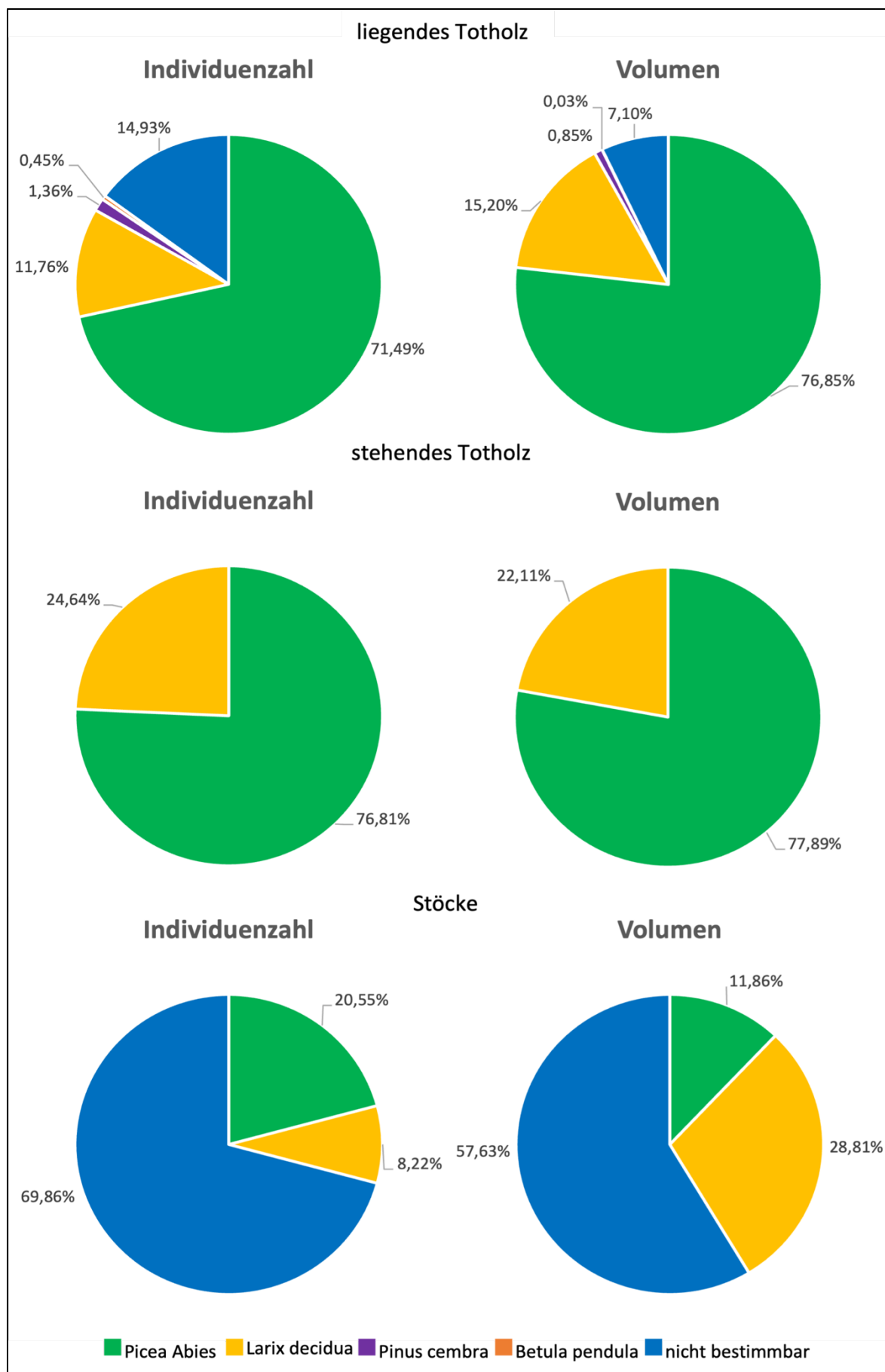


Abbildung 32: Baumartenverteilung in Prozent nach Individuenanzahl und Volumen des liegenden und stehenden Totholzes und für Stöcke in Prozent.

In Abbildung 33 erkennt man den unterschiedlichen Zersetzungsgrad zwischen den verschiedenen Totholzkategorien. Beachtlich ist der Anteil an frisch toten Individuen beim liegenden Totholz mit 64 %. Mit 27 % beim stehenden Totholz ist diese Klasse auch hier hoch. Mit 17 % der Klasse „starke Zersetzung, vermodert“ ist beim liegenden Totholz auch einiges an älterem Material vorhanden. Beim stehenden Totholz dominiert mit 52 % die Klasse B. Ganz anders sieht das Bild bei den Stöcken aus, wo 76 % der Individuen bereits stark zersetzt sind.

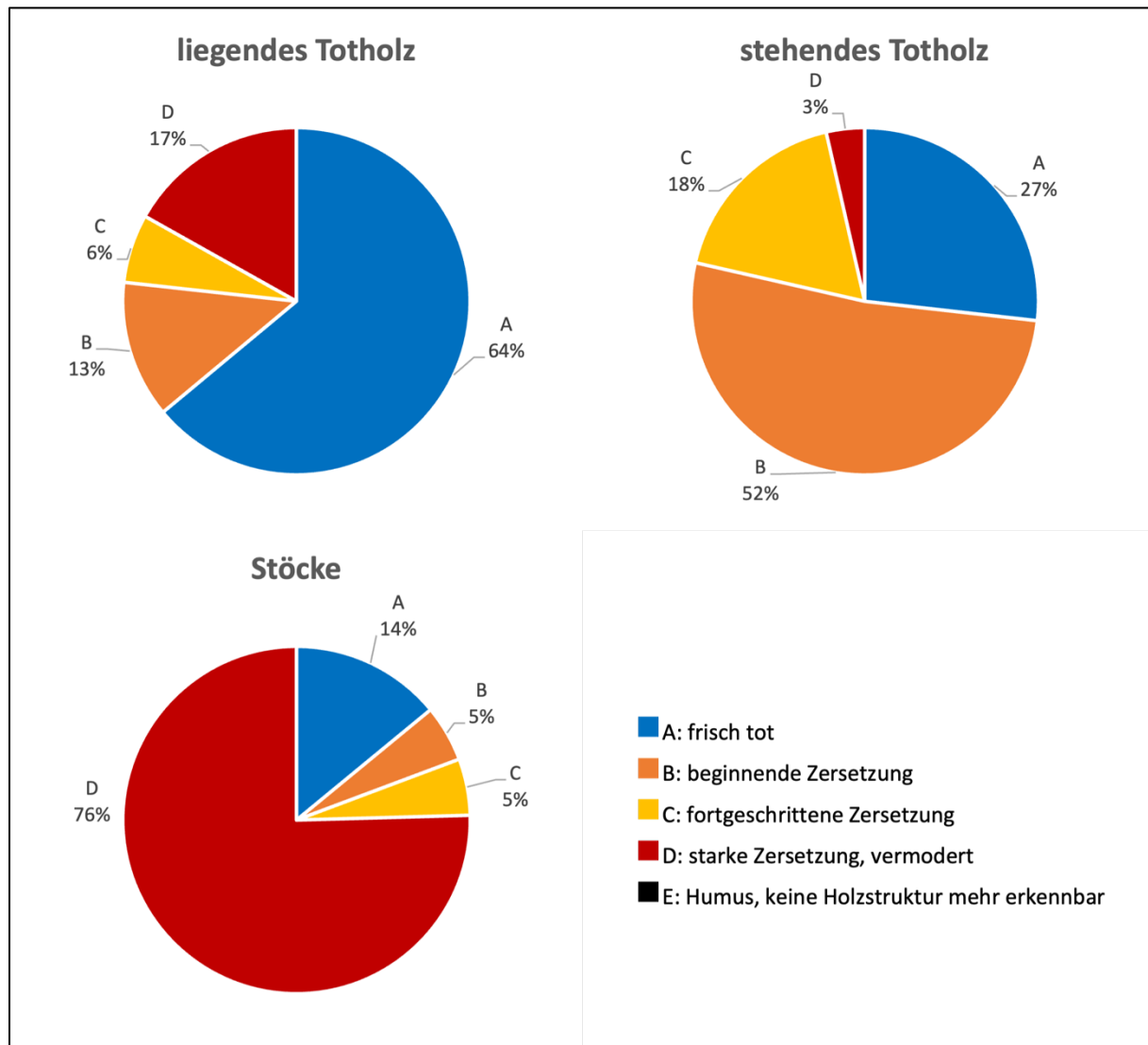


Abbildung 33: Zersetzungsgrad für liegendes und stehendes Totholz sowie für Stöcke in Prozent.

Betrachtet man den Todeszeitpunkt (siehe Abb. 34) der einzelnen Individuen, so erkennt man, dass vor allem beim liegenden Totholz mit 66,3 % der Tod erst 0–4 Jahre her ist. Auch beim stehenden Totholz ist mit 80,4 % der Todeszeitpunkt 0–9 Jahre her, wobei die beiden Klassen 0–4 und 5–9 knapp jeweils 40 % der Individuen ausmachen. Ganz anders ist das Bild bei den Stöcken, wo mit 75,4 % in der Klasse 14+, die Holznutzung vor der Zeit als Naturwaldreservat ersichtlich ist.

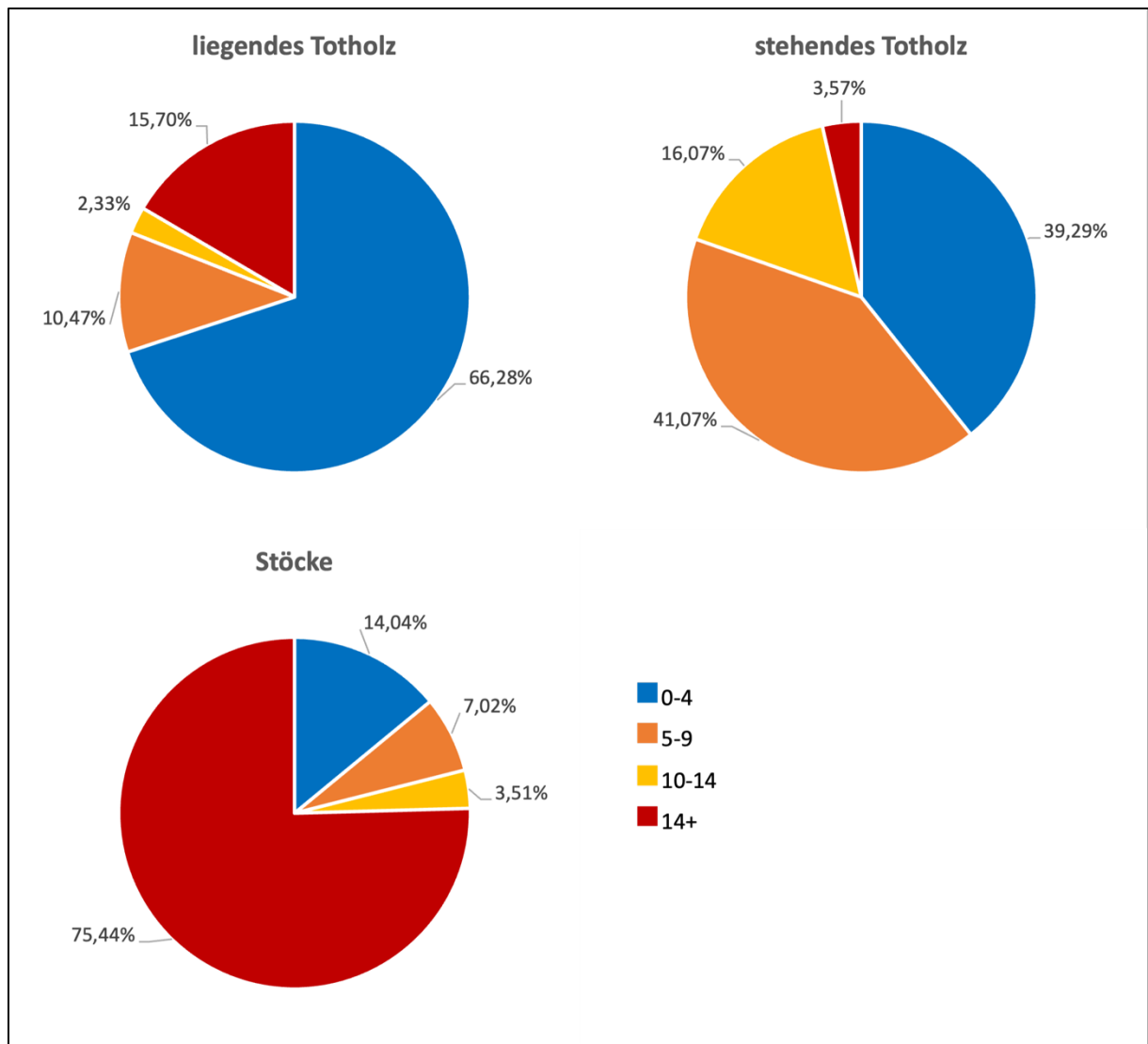


Abbildung 34: Todeszeitpunkt für liegendes und stehendes Totholz sowie für Stöcke in Prozent.

Bei der Betrachtung der Todesursache der Individuen zeigt sich ein vielfältiges Bild für die verschiedenen Kategorien (vgl. Abb. 35). Beim liegenden Totholz sind 55,8 % der Individuen Windwurf zum Opfer gefallen und 19,2 % konnten auf Schneebruch zurückgeführt werden. Bei 21,5 % konnte aufgrund des Alters keine bestimmte Ursache mehr festgestellt werden. Beim stehenden Totholz wiederum sind 50,0 % aufgrund von Konkurrenz abgestorben und 32,1 % wegen Schneebruchs. Bei den Stöcken sind 43,9 % durch anthropogene Nutzung angefallen, was die historische Nutzung des Bestandes aufzeigt. Auch ein Großteil der 33,3 % in der Kategorie Sonstiges ist vermutlich anthropogen verursacht, konnte allerdings nicht mehr eindeutig festgestellt werden.

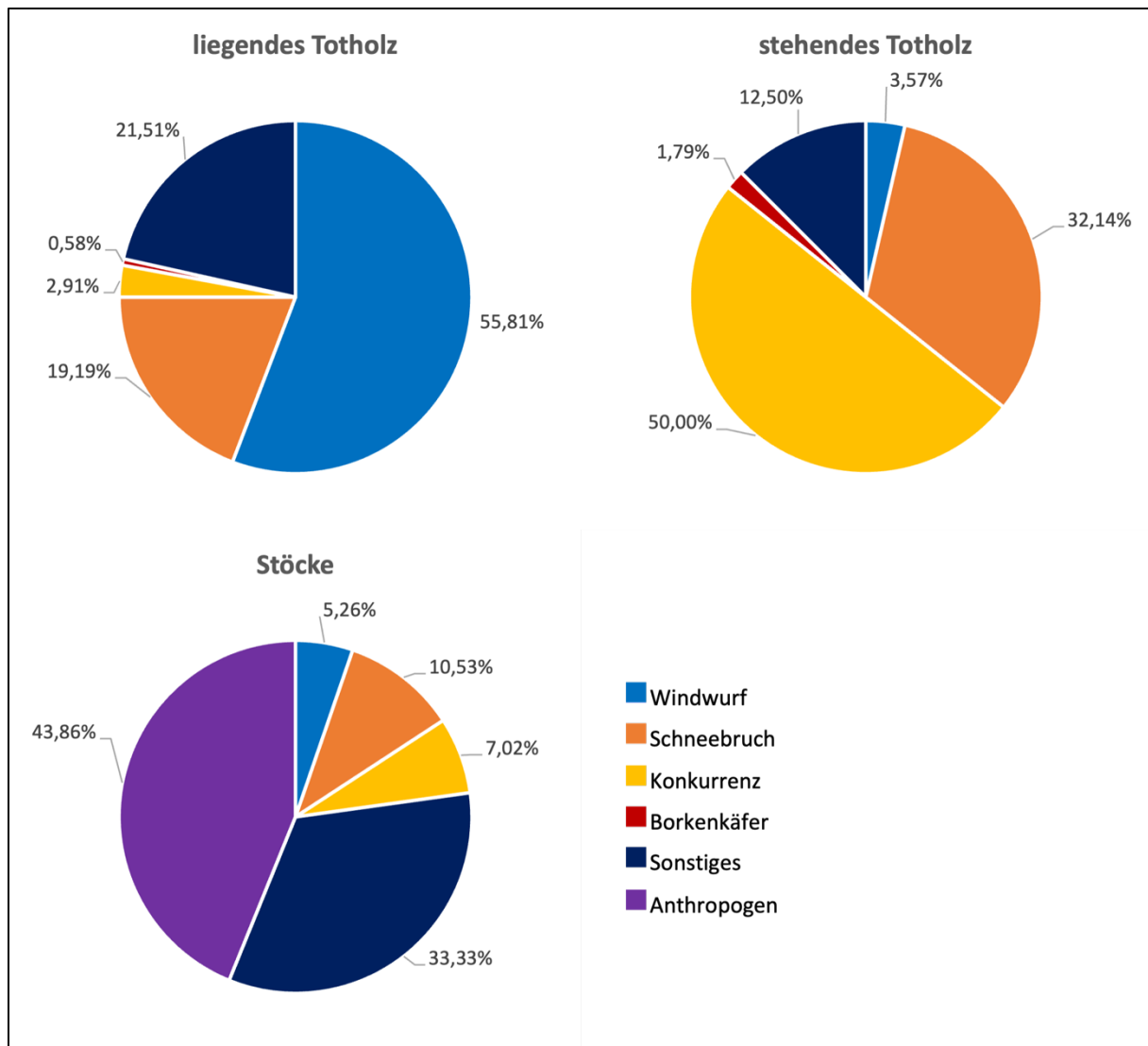


Abbildung 35: Todesursache für liegendes und stehendes Totholz sowie für Stöcke in Prozent.

In Abbildung 36 sieht man die verschiedenen Zustandstypen für die Totholzkatgorien. Beim liegenden Totholz haben den höchsten Anteil die Klassen „Baum mit Krone: mit Grobreisig, Ästen“ mit 27,3 % und „Baum mit Krone: mit Blattresten“ mit 24,4 %. Für stehendes Totholz wurden insgesamt vier Klassen ausgewiesen, wobei die Klassen „Baum mit Krone: mit Grobreisig, Ästen“ mit 58,9 % und „Baum ohne Krone: Schaft“ mit 28,6 % zusammen knapp 90 % der Individuen dieser Kategorie ausmachen. Bei den Stöcken sind 85,7 % der Klasse „Stöcke“ zuzuordnen, der Rest verteilt sich auf die Klassen „Baum mit Krone: mit Grobreisig, Ästen“ und „Baum ohne Krone: Schaft“.

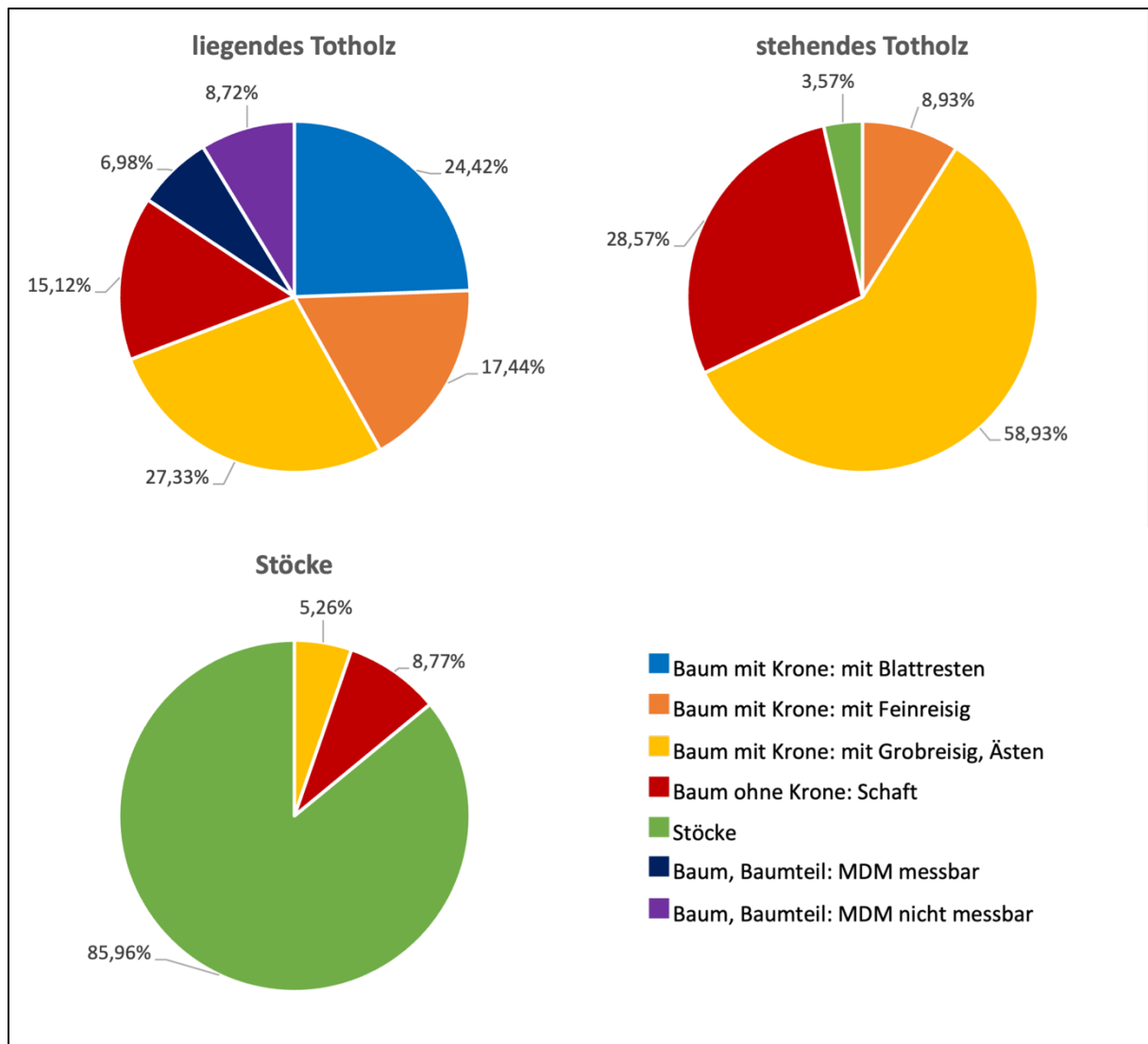


Abbildung 36: Zustandstyp für liegendes und stehendes Totholz sowie für Stöcke in Prozent.

Der gesamte Totholzanteil im NWR Laaser Berg liegt bei 22 % des Bestandesvolumens (Tab. 24). Liegendes Totholz hat mit 73 % des gesamten Totholzes den höchsten Anteil der drei Kategorien. Stehendes Totholz kommt auf 21 % und die Stöcke auf 6 % des Totholzaufkommens. Der Totholzanteil pro Baumart gemessen am jeweiligen Bestandesvorrat pro Baumart beträgt für Fichte 24 %, für Lärche 12 % und für Zirbe 20 %.

Auch das Totholzvolumen zwischen den einzelnen Baumarten wurde auf einen signifikanten Unterschied mittels eines Kruskal-Wallis-Tests überprüft. Dabei ist ein signifikanter Unterschied ($p < 0,00001$) zwischen den einzelnen Baumarten festgestellt worden.

Tabelle 24: Mittelwert und Standardabweichung des Volumens von Totholz und der lebenden Baumschicht ($\geq 1,3$ m Höhe), sowie die Prozentverteilung der einzelnen Totholzkategorien und der Totholzanteil am Bestandesvolumen nach Baumarten getrennt.

	stehendes Totholz $[\geq 5\text{cm}]$	liegendes Totholz $[\geq 10\text{cm}]$	Stöcke $[\geq 5\text{cm}]$	Σ Totholz	Bestandesvolumen	Totholzanteil am Bestandesvolumen
	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	m^3/ha	Vfm/ha	%
	%	%	%	%		
Fichte	15,5 $\pm 29,2$	54,1 $\pm 48,6$	0,7 $\pm 2,4$	70,3 $\pm 59,7$	293,2 $\pm 143,3$	24
	22	77	1	100		
Lärche	4,4 $\pm 10,8$	10,7 $\pm 23,0$	1,7 $\pm 6,0$	16,8 $\pm 26,5$	134,8 $\pm 127,7$	12
	26	64	10	100		
Zirbe	-	0,6 $\pm 2,9$	-	0,6 $\pm 2,9$	2,8 $\pm 13,5$	20
	-	100	-	100		
Birke	-	0,02 $\pm 0,11$	-	0,02 $\pm 0,11$	-	-
	-	100	-	100		
Salweide	-	-	-	-	0,004 $\pm 0,02$	0
	-	-	-	-		
nicht bestimmbar	-	5,0 $\pm 6,6$	3,4 $\pm 4,6$	8,5 $\pm 8,3$	-	-
	-	60	40	100		
Laaser Berg Gesamt	19,9 $\pm 34,1$	70,4 $\pm 62,1$	5,9 $\pm 8,2$	96,2 $\pm 74,5$	430,9 $\pm 194,2$	22
	21	73	6	100		

4.2 Beschreibung der Entwicklung des Naturwaldreservats Laaser Berg

Ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit ist der Vergleich zwischen den verschiedenen Aufnahmejahren und den daraus resultierenden Entwicklungen im Reservat. Aufgrund des Zeitraums von 13 Jahren zwischen den Feldarbeiten und den aufgetretenen Bestandesschäden zwischen 2018 und 2020 sind auch einige Unterschiede zu erwarten.

4.2.1 Vergleich mit den ELENA-Ergebnissen

Die Ergebnisse aus Kapitel 4.1 werden hier den Ergebnissen aus dem Aufnahmejahr 2008 gegenübergestellt.

4.2.1.1 Bestandesdaten

Tabelle 25 zeigt den Unterschied der Stammzahl zwischen den Aufnahmejahren. In Summe ist die Stammzahl von 749 Individuen pro Hektar im Jahr 2008 auf 572 Individuen pro Hektar im Jahr 2021 zurückgegangen. Vor allem der Rückgang bei der Fichte mit minus 165 n/ha ist dabei besonders aufgefallen. Die Zirbe und die Salweide konnten geringfügig zulegen und die Lärche hat eine leicht verminderte Stammzahl.

Tabelle 25: Mittelwert und Standardabweichung der Stammzahl für die Aufnahmejahre 2008 und 2021 sowie der Differenz zwischen den Jahren nach Baumarten getrennt.

Baumart	Stammzahl 2008		Stammzahl 2021		Differenz
	n/ha	%	n/ha	%	n/ha
Fichte	655 ±276	87,45	490 ±218	85,65	-165
Lärche	87 ±81	11,62	73 ±69	12,78	-14
Zirbe	7 ±13	0,93	8 ±24	1,35	1
Salweide	-	-	1 ±7	0,22	1
Σ	749 ±301	100	572 ±241	100	-177

Bei der Grundfläche gibt es zwischen den beiden Erhebungsjahren fast keinen Unterschied. So nahm die Grundfläche seit dem Jahr 2008 nur um 1,78 m²/ha zu (siehe Tab. 26). Dies liegt vor allem am Zuwachs bei der Lärche. Bemerkenswert ist, dass die Fichte trotz des hohen Rückgangs bei der Stammzahl, wenn auch nur minimal, an Grundfläche zulegen konnte.

Tabelle 26: Mittelwert und Standardabweichung der Grundfläche für die Aufnahmejahre 2008 und 2021 sowie der Differenz zwischen den Jahren nach Baumarten getrennt.

Baumart	Grundfläche 2008		Grundfläche 2021		Differenz
	m ² /ha	%	m ² /ha	%	m ² /ha
Fichte	36,05 ±13,75	74,19	36,21 ±13,64	71,89	0,16
Lärche	12,10 ±11,92	24,90	13,75 ±13,14	27,30	1,65
Zirbe	0,44 ±1,84	0,91	0,41 ±1,82	0,81	0,37
Salweide	-	-	0,002 ±0,01	0,004	0,002
Σ	48,59 ±20,32	100	50,37 ±16,28	100	1,78

Für den Bestandesvorrat zeichnet sich ein ähnliches Bild wie für die Stammzahl (siehe Tab. 27) ab. Während es bei der Zirbe nur zu einem leichten Rückgang kommt, verzeichnet die Fichte einen Vorratsverlust von 108,7 Vfm/ha. Die Lärche hingegen konnte leicht zulegen und die Salweide scheint im Vergleich zu 2008 neu auf. In Summe hat der Bestandesvorrat im NWR Laaser Berg um 106,8 Vfm/ha abgenommen.

Tabelle 27: Mittelwert und Standardabweichung des Vorrats für die Aufnahmejahre 2008 und 2021, sowie der Differenz zwischen den Jahren nach Baumarten getrennt.

Baumart	Vorrat 2008		Vorrat 2021		Differenz
	Vfm/ha	%	Vfm/ha	%	Vfm/ha
Fichte	402 ±205,3	74,76	293,3 ±143,3	68,07	-108,7
Lärche	132,3 ±145,8	24,61	134,8 ±127,7	31,28	2,5
Zirbe	3,5 ±14,7	0,63	2,8 ±13,5	0,65	-0,7
Salweide	-	-	0,004 ±0,02	0,001	0,004
Σ	537,7 ±301,4	100	430,9 ±194,2	100	-106,8

Bei den Baumartenanteilen an der Gesamtsumme hat sich bei der Stammzahl und bei der Grundfläche im Wesentlichen nicht viel geändert. Beim Bestandesvorrat hingegen hat die Lärche nun einen höheren Anteil. Und zwar 31,28 % im Vergleich zu 24,61 % im Jahr 2008, dies ist allerdings auf den starken Rückgang der Fichte zurückzuführen und nicht auf die Zuwächse der Lärche.

Abbildung 37 zeigt die Durchmesserverteilungen für die Jahre 2008 und 2021. Dabei fällt auf den ersten Blick sofort der starke Rückgang an Individuen in der Klasse 0–4,9 cm auf. Allein in dieser Klasse kommen im Vergleichszeitraum 83 Individuen pro Hektar weniger vor, was knapp 47 % des gesamten Stammzahlrückgangs entspricht. Auch in der Klasse 5–9,9 cm und den Klassen von 15 bis 29,9 cm ist es zu stärkeren Rückgängen gekommen. Einen etwas deutlicheren Anstieg der Individuenzahl pro Hektar im Jahr 2021 gab es nur in der Klasse von 35–39,9 cm. In den stärkeren BHD-Klassen ist es teils zu leichten Anstiegen gekommen. Erkennbar ist außerdem auch, dass die Zirbe aus den mittleren BHD-Klassen vollständig verschwunden ist.

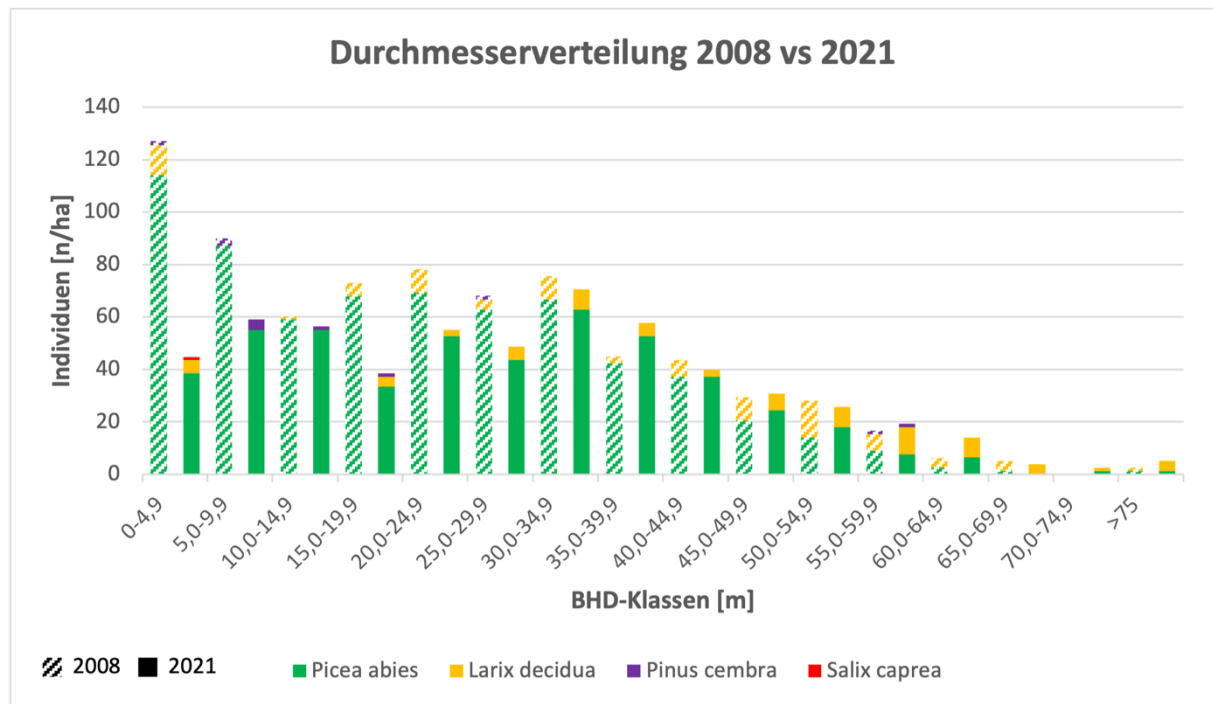


Abbildung 37: BHD-Verteilung nach Baumarten und Individuenzahl für die Jahre 2008 (749 n/ha) und 2021 (572 n/ha) der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe).

Auch beim Vergleich der Höhenverteilung der beiden Erhebungsjahre (siehe Abb. 38) erkennt man speziell in der kleinsten Klasse einen starken Rückgang der dazugehörigen Individuen. Des Weiteren kommt es auch in den Klassen ab 20 Metern Höhe zu einem stärkeren Individuenrückgang. Für die Klassen 5–9,9 m und 10–14,9 m ist die Individuenzahl ungefähr gleichgeblieben.

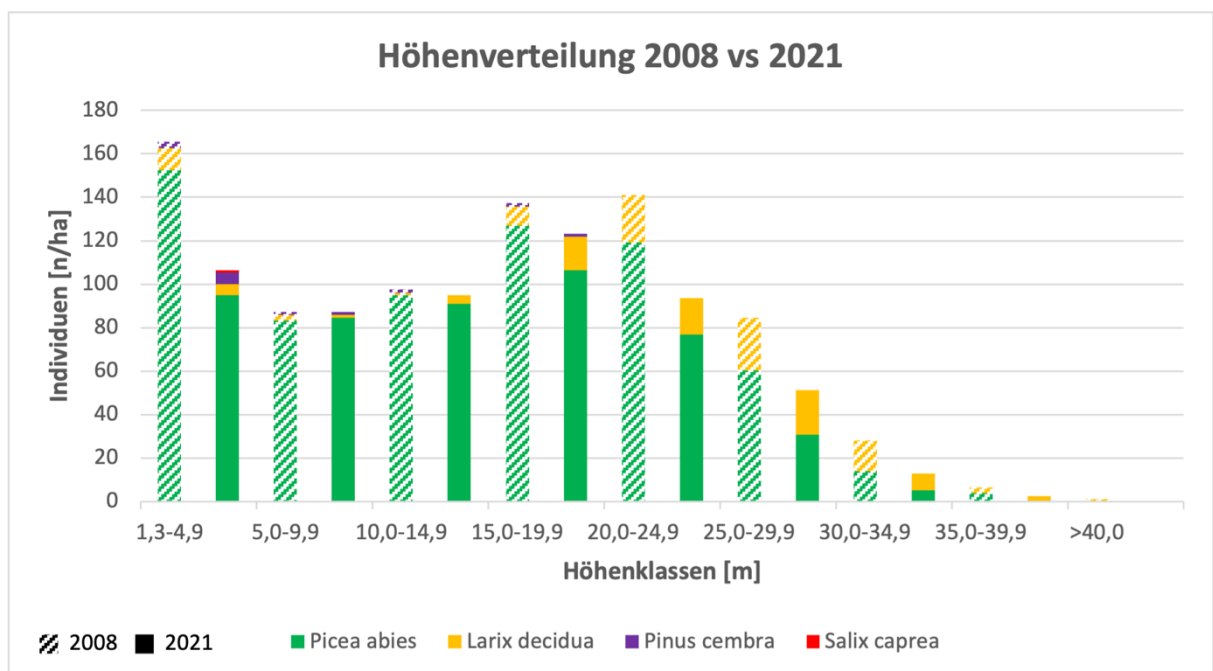


Abbildung 38: Höheverteilung nach Baumarten und Individuenzahl für die Jahre 2008 (749 n/ha) und 2021 (572 n/ha) der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe).

Mit Hilfe der sechs Punkte, welche für die Berechnung des Entgelts für das NWR bereits 1998 eingerichtet wurden, ist es möglich die Entwicklung des Bestandesvorrats über einen noch längeren Zeitraum zu betrachten, nämlich über 23 Jahre (siehe Tab. 28). Dabei erkennt man, dass der Vorrat im Vergleich zu 1998 deutlich abgenommen hat, im Vergleich zu 2008 ist es noch deutlicher. Auffallend ist auch, dass der Lärchenanteil über die Jahre nur geringfügig abgenommen hat, während die Fichte große Ausfälle zu verzeichnen hat. Ähnlich wie bei der Vorratsermittlung mittels fixen Probekreis zeigt sich, dass die Lärche ihren Anteil am Vorrat erhöhen könnte, bei der Erhebung mittels WZP sogar noch mehr. Der starke Vorratsrückgang ist wie bereits erwähnt auf die kürzlich erfolgten Schäden zurückzuführen.

Tabelle 28: Mittelwert und Standardabweichung für den Vorrat im NWR Laaser Berg für die Jahre 1998, 2008 und 2021, sowie die Differenz im Vergleich zu 2021. (Erhebungsverfahren Winkelzählprobe; Probeflächenanzahl = 6)

Baumart	Vorrat 1998		Vorrat 2008		Vorrat 2021		Vorratsdifferenz	
	Vfm/ha	%	Vfm/ha	%	Vfm/ha	%	1998	2008
Fichte	463,1 ±224,9	67,67	513,6 ±228,1	69,92	316,9 ±222,7	60,77	-146,2	-196,7
Lärche	221,2 ±110,1	32,33	221,0 ±119,6	30,08	204,6 ±98,9	39,23	-16,6	-16,4
Σ	684,3 ±308,8	100	734,6 ±334,6	100	521,4 ±242,4	100	-162,9	-213,2

4.2.1.2 Verjüngung

In Tabelle 29 sind die Verjüngungszahlen der vier Verjüngungskategorien für die Jahre 2008 und 2021, sowie die Differenz zwischen den Aufnahmejahren dargestellt. Auffallend ist der starke Unterschied bei der Keimlingsanzahl zwischen den Erhebungen: Im Jahr 2021 wurden 36230 Keimlinge pro Hektar weniger erhoben. Ebenfalls zu einer größeren Veränderung kam es in der Klasse der Mehrjährigen, hier ist die Individuenzahl pro Hektar im Vergleich zu 2008 um 5786 n/ha angewachsen. Bei den beiden anderen Kategorien sind die Zahlen ebenfalls gestiegen, wenn auch nicht so stark. In beiden Erhebungsjahren war die Kategorie 15–29,9 cm mit der geringsten Anzahl an Individuen vertreten.

Tabelle 29: Mittelwert und Standardabweichung der Verjüngungszahlen pro Hektar nach Verjüngungskategorien und Erhebungsjahr, sowie die Differenz zwischen den Erhebungen.

Kategorie	Anzahl [n/ha]		Differenz [n/ha]
	2008	2021	
Keimlinge	39221 ±28515	2991 ±5687	-36230
Mehrjährige	1242 ±1694	7028 ±10141	5786
15–29,9 cm	238 ±693	369 ±998	131
30–129,9 cm	413 ±431	948 ±2629	535

Abbildung 39 zeigt die Veränderung der Baumartenanteile in den einzelnen Verjüngungskategorien. Dabei lässt sich erkennen, dass die Fichte ihren Anteil in allen Kategorien vergrößern konnte. Die Lärche hingegen hat in allen Kategorien Anteile verloren. Die Zirbe konnte in der Kategorie der Mehrjährigen zulegen, verschwand aber aus der Kategorie 30–129,9 cm. Die Rotkiefer ist aus allen Kategorien in der sie 2008 vorkam verschwunden und die Vogelbeere ist neu hinzugekommen.

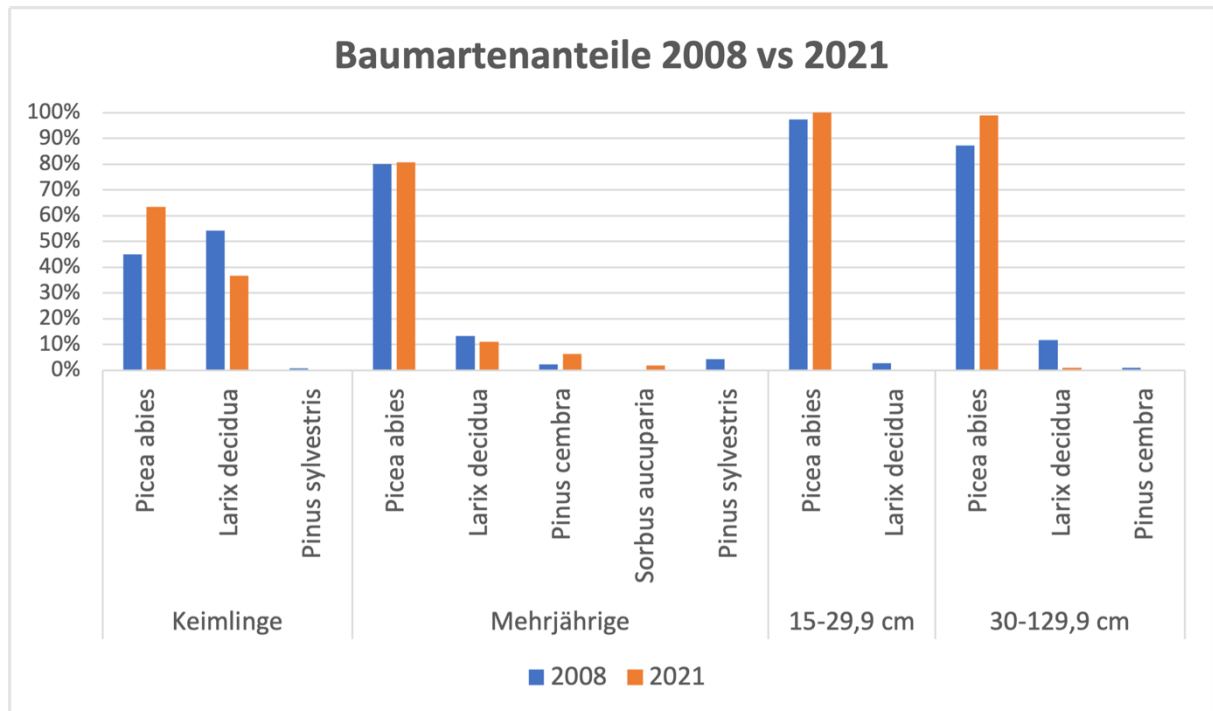


Abbildung 39: Baumartenanteile nach Individuen in den einzelnen Kategorien für die Jahre 2008 und 2021.

Bei der Verjüngung in der Kategorie von 15–129,9 cm wurde im Jahr 2021 mehr Verbiss festgestellt als noch im Jahr 2008. Damals waren es 12 % aller Individuen verbissen, 2021 waren es 31 %.

4.2.1.3 Totholzdaten

Das Totholzvolumen im NWR Laaser Berg ist im Zeitraum von 2008 bis 2021 von 59,2 m³/ha auf 96,2 m³/ha gestiegen, was einen Anstieg von 37 m³/ha bedeutet. In Tabelle 30 sind die Anzahl und das Volumen nach Totholzkategorie aufgelistet. Es zeigt sich, dass es beim liegenden Totholz zu einem starken und beim stehenden Totholz zu einem leichten Anstieg des Volumens gekommen ist, während es bei den Stöcken eine leichte Reduktion des Volumens gegeben hat.

Tabelle 30: Mittelwert und Standardabweichung der Stammzahl und des Volumens des Totholzes nach Totholz kategorien und Erhebungsjahr, sowie der Differenz zwischen den Erhebungsjahren.

Erhebungs- jahr	stehendes Totholz ≥ 5 cm		liegendes Totholz ≥ 10 cm		Stöcke ≥ 5 cm	
	Anzahl [n/ha]	Volumen [m ³ /ha]	Anzahl [n/ha]	Volumen [m ³ /ha]	Anzahl [n/ha]	Volumen [m ³ /ha]
2008	81 ± 85	15,6 $\pm 22,0$	174 ± 98	33,2 $\pm 28,3$	113 ± 90	10,4 $\pm 16,0$
2021	69 ± 75	19,9 $\pm 34,1$	221 ± 129	70,4 $\pm 62,1$	73 ± 74	5,9 $\pm 8,2$
Differenz	-12	4,3	47	37,2	-40	-4,5

Auch das liegende Totholz < 10 cm zeigt, wie sich die Totholzsituation im NWR geändert und sich der Anteil der verschiedenen Totholz kategorien verändert hat (Abb. 40). Während der Flächenanteil an Totholz unter 10 cm 2008 noch auf der Hälfte aller Punkte unter 1 % betrug, lag dieser Wert 2021 auf fast 60 % der Punkte zwischen 11 und 50 %.

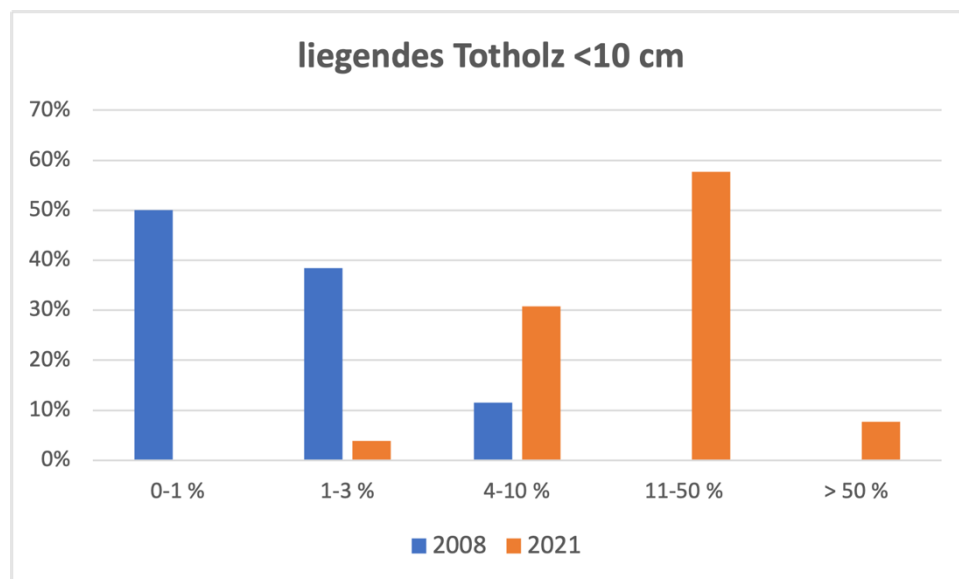


Abbildung 40: Verteilung der Totholz kategorien (Bedeckung der Bodenfläche in Prozent) für das liegende Totholz unter 10 cm Durchmesser in Prozent für die Jahre 2008 und 2021.

Abbildung 41 soll beispielhaft die Veränderung des Zersetzungsgrades für Totholz zeigen, in diesem Fall anhand des liegenden Totholzes über 10 cm Durchmesser. Es lässt sich erkennen wie sich die Anteile des Zersetzungsgrads verschoben haben. 2008 waren 60 % der Individuen stark zersetzt, 2021 nur 17 %. Während 2008 nur 2 % der Individuen frisch tot waren, sind es 2021 64 %.

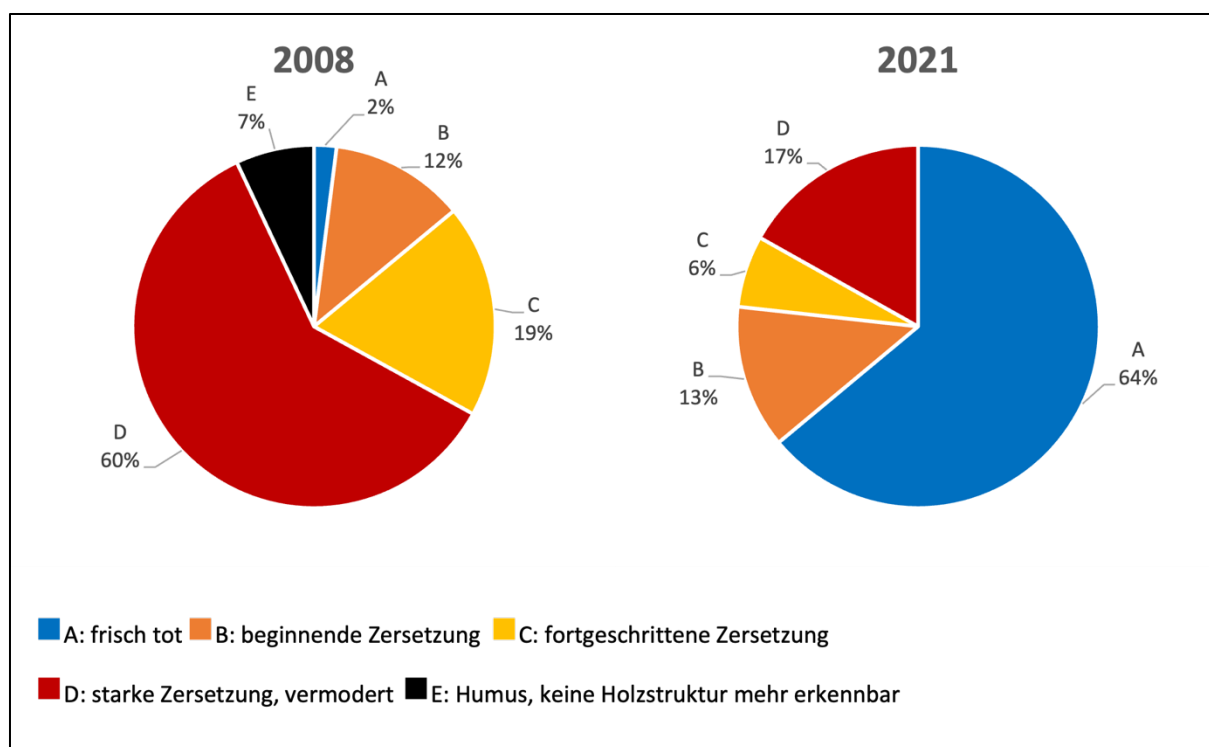


Abbildung 41: Zersetzungsgrad für liegendes Totholz für die Jahre 2008 und 2021.

In Tabelle 31 ist das Totholz- und das Bestandesvolumen nach Baumart, sowie der Totholzanteil am Bestandesvolumen dargestellt. Dabei lässt sich erkennen, dass der Anteil des Totholzes am Bestandesvolumen von 11 % auf 22 % gestiegen ist. Auch bei den einzelnen Baumarten ist der Totholzanteil am jeweiligen Bestandesvolumen gestiegen. Abgenommen hingegen hat das Totholzvolumen bei Laubbäumen, sowie das Volumen von Individuen, bei denen die Baumart nicht mehr bestimmbar war.

Tabelle 31: Mittelwert des Volumens von Totholz und der lebenden Baumschicht ($\geq 1,30$ m Höhe), sowie der Totholzanteil am Bestandesvolumen getrennt nach Baumarten und Erhebungsjahr.

Jahr	Kategorie	Einheit	Fichte	Lärche	Zirbe	Birke	Salweide	nicht bestimmbar	Σ
2008	Σ Totholz	m ³ /ha	18,8	11,7	-	0,2	0,1	28,4	59,2
	Bestandesvolumen	Vfm/ha	402	132,3	3,4	-	-	-	537,7
	Totholzanteil am Bestandesvolumen	%	5	9	0	-	-	-	11
2021	Σ Totholz	m ³ /ha	70,3	16,8	0,6	0,02	-	8,5	96,2
	Bestandesvolumen	Vfm/ha	293,2	134,8	2,8	-	0,004	-	430,9
	Totholzanteil am Bestandesvolumen	%	24	12	20	-	0	-	22

Abbildung 42 zeigt, wie sich die Anteile der Totholzkategorien am gesamten Totholz verschoben haben. Liegendes Totholz hält nach wie vor die meisten Anteile, wobei dieser noch größer geworden ist. Das stehende Totholz hingegen hat an Anteil verloren. Die Stöcke haben im Vergleich zu 2008 deutlich an Anteil verloren.

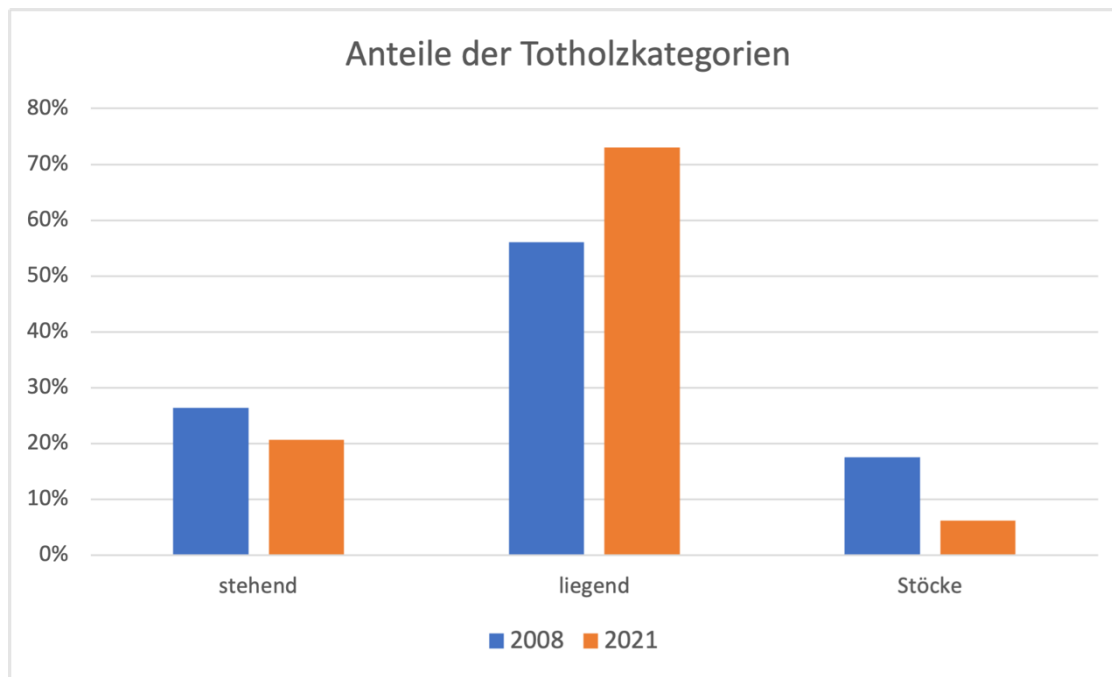


Abbildung 42: Anteile der Totholzkategorien am gesamten Totholzaufkommen für die Jahre 2008 und 2021.

4.2.2 Beschreibung der Entwicklung des Naturwaldreservats Laaser Berg

Anhand der in Kapitel 4.1 und 4.2.1 dargestellten Ergebnisse sieht man, dass es im NWR Laaser Berg zu einigen Veränderungen gekommen ist. Speziell das Totholzvorkommen hat stark zugenommen, was mit einer Reduktion des Bestandesvorrats einhergeht. Der Totholzanstieg ist vor allem auf Ereignisse der Jahre 2018–2020 zurückzuführen. Im Jahr 2018 war es vor allem der Sturm „Vaia“ der allein in Kärnten 1,6 Mio. Festmeter Schaden verursachte (Steyrer et al, 2020). Im Jahr 2019 kam es vor allem im Bezirk Spittal – in welchem das Reservat liegt – zu großen Schneebruchschäden mit einem Schadausmaß von 174.700 Festmetern (Amt der Kärntner Landesregierung, 2021 a). Im Jahr 2020 kam es im Bezirk Spittal abermals zu großen Schneebruchschäden, wobei das Ausmaß mit 69.500 Festmetern Schadholz nicht so groß wie im Jahr 2019 war (Amt der Kärntner Landesregierung, 2021 b). Betrachtet man bei der Totholzauswertung nur das Alter 0–4 Jahre, zeigen sich die Auswirkungen dieser Ereignisse im Reservat sehr gut. Denn allein in diesem Zeitraum sind im Reservat 55,3 Kubikmeter Totholz angefallen, was 57,6 % des gesamten Totholzvolumens entspricht. Fasst man die beiden Altersklassen 0–4 und 5–9 Jahre beim Totholz zusammen, also knapp den gesamten Zeitraum zwischen den Erhebungen, macht das rund 74 % des gesamten Totholzvolumens aus.

Während der Datenerhebungen wurde auf den frischen Totholzstämmen auch starker Befall durch den Buchdrucker (*Ips typographus*) festgestellt. Aufgrund der gesamten Totholzsituation und dem großen Angebot an geschwächten Bäumen im Bestand ist von einer starken Vermehrung des Buchdruckers auszugehen, wodurch es in Zukunft zu einem noch größeren Totholzvolumens im NWR Laaser Berg kommen kann und wahrscheinlich auch kommen wird.

In Zusammenhang mit dem starken Totholzanstieg steht der Rückgang des stehenden Bestandesvorrats, welcher im Vergleich zum Jahr 2008 um 106,8 Vfm/ha abgenommen hat. Dieser Rückgang liegt im Wesentlichen an den Ausfällen bei der Fichte, denn allein der Fichtenanteil am Totholz beträgt 73 %. Auch im Vergleich der Stammzahldifferenz zwischen

2008 und 2021 mit der Anzahl an Totholzindividuen – liegend und stehend, ohne Stöcke – im Jahr 2021 erkennt man gut, dass es hauptsächlich bei der Fichte zu Ausfällen gekommen ist. 211 Totholzindividuen der Fichte stehen einer Stammzahldifferenz bei der Fichte von -165 (bei -177 im gesamten Reservat) im Jahr 2021 gegenüber. Bei der Betrachtung der Entwicklung der Grundfläche des Bestandes, erkennt man, dass diese trotz der hohen Schadmengen minimal zugenommen hat. Dieser Zuwachs erfolgte allerdings fast ausschließlich bei der Lärche. Im Vergleich zur ELENA-Erhebung im Jahr 2008 wurde die Salweide als weitere Baumart im Reservat nachgewiesen, wenn es auch nur ein Individuum war.

Bei der Verjüngungssituation im Reservat ist vor allem das Vorkommen von Keimlingen stark zurückgegangen. In den anderen Kategorien waren die Unterschiede nicht so groß. Im Reservat ist über alle Verjüngungskategorien hinweg nach wie vor die Fichte die häufigste Baumart, wobei der Anteil pro Kategorie mit zunehmendem Alter der Naturverjüngungspflanze zunimmt. Die Vogelbeere konnte im Vergleich zu 2008 in der Klasse der Mehrjährigen neu nachgewiesen werden. Allerdings ist es aufgrund der Verbissbelastung im gesamten Reservat fraglich, ob sich die Vogelbeere auch in den nächsthöheren Klassen etablieren wird können. Die Beobachtung, dass jede der aufgenommenen Vogelbeeren verbissen war, obwohl in dieser Klasse der Verbiss nicht aufgenommen wurde, unterstreicht diese Vermutung. Der Anteil an verbissenen Individuen in der Klasse von 15–129,9 cm im Reservat ist zwischen den Erhebungsjahren angestiegen, und zwar von 12 % 2008 auf 31 % im Jahr 2021. Anzumerken ist, dass in dieser Klasse Verbiss nur an der Fichte nachgewiesen wurde.

4.3 Überprüfung der Schutzfunktionen

Die Überprüfung der Schutzfunktionen im NWR Laaser Berg erfolgte getrennt für den Standort als auch für die Naturgefahren Lawine und Steinschlag.

4.3.1 Schutzerfüllung des Standortes

Von den 26 Stichprobenpunkten erfüllen neun Punkte die Anforderungen optimal und zwölf Punkte zufriedenstellend. Dies bedeutet, dass nur fünf Stichprobenpunkte die Anforderungen nicht erfüllen. Die Spannweite der berechneten Punkte der Aufnahmeflächen für den aktuellen Zeitpunkt reichen von -0,4 (Punkt 4) bis 1,9 (Punkt 24). Es zeigt sich also, dass die Punkte, die den Anforderungen des Standortschutzes nicht entsprechen, nur geringe Defizite aufweisen. Der Mittelwert aller Stichprobenpunkte beträgt 0,7, bei einer Standardabweichung von $\pm 0,7$. Daraus lässt sich für den Großteil des Reservats eine zufriedenstellende Schutzerfüllung aufgrund des Standorts schließen. Ein ähnlicher Zustand ist auch für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre zu erwarten (siehe Anhang B). Abbildung 43 zeigt die Verteilung der Stichprobenpunkte in den verschiedenen Punktzahlklassen für den aktuellen Zustand, sowie für die nächsten 10 und 50 Jahre.

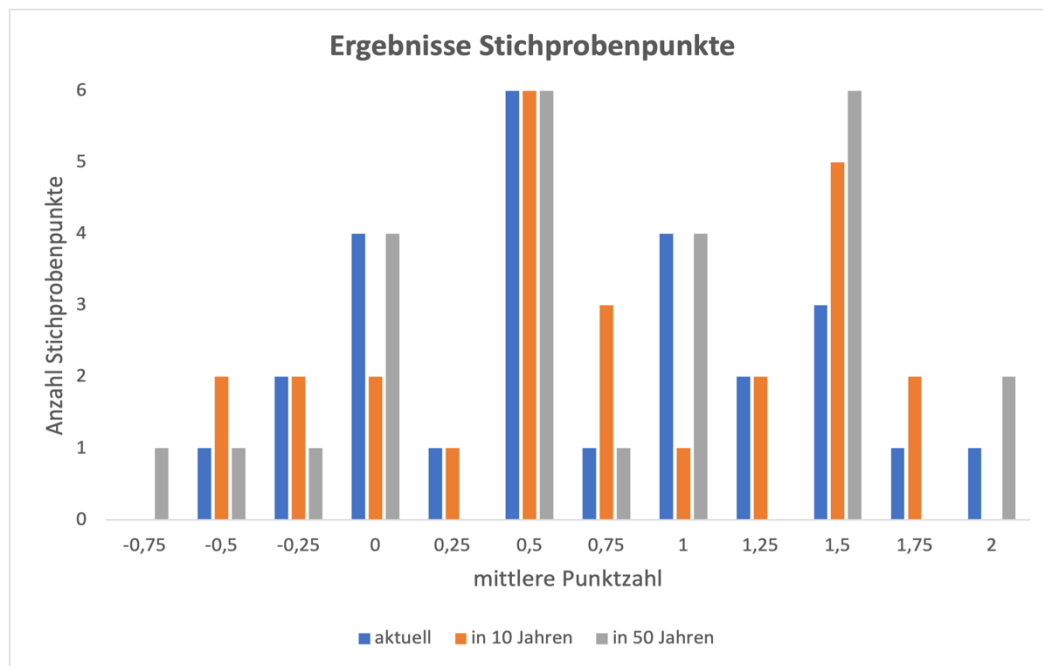


Abbildung 43: Verteilung der mittleren Punktzahl der Stichprobenpunkte für die Jahre 2021, 2031 und 2071.

Bezüglich der einzelnen Bewertungsparameter hat der Parameter „Baumartenmischung“ mit einer mittleren Punktzahl von $2,8 \pm 0,4$ über alle Stichprobenpunkte den höchsten Wert. Die Parameter „BHD-Streuung“, „Horizontalgefüge“ und „Stabilität-Verankerung“ erreichen eine mittlere Punktzahl von über 1 und somit eine optimale Schutzerfüllung. Am schlechtesten schneidet der Parameter „Verjüngung-Anwuchs“ mit einer mittleren Punktzahl von $-1,0 \pm 1,7$ über alle Stichprobenpunkte ab. Ebenfalls negative Werte haben die Parameter „Stabilität-Kronen“ und „Verjüngung-Keimbett“. Wie auch schon bei der aktuellen Bewertung, ändert sich auch bei den einzelnen Parametern in 10 bzw. 50 Jahren nicht viel (siehe Abb. 44).

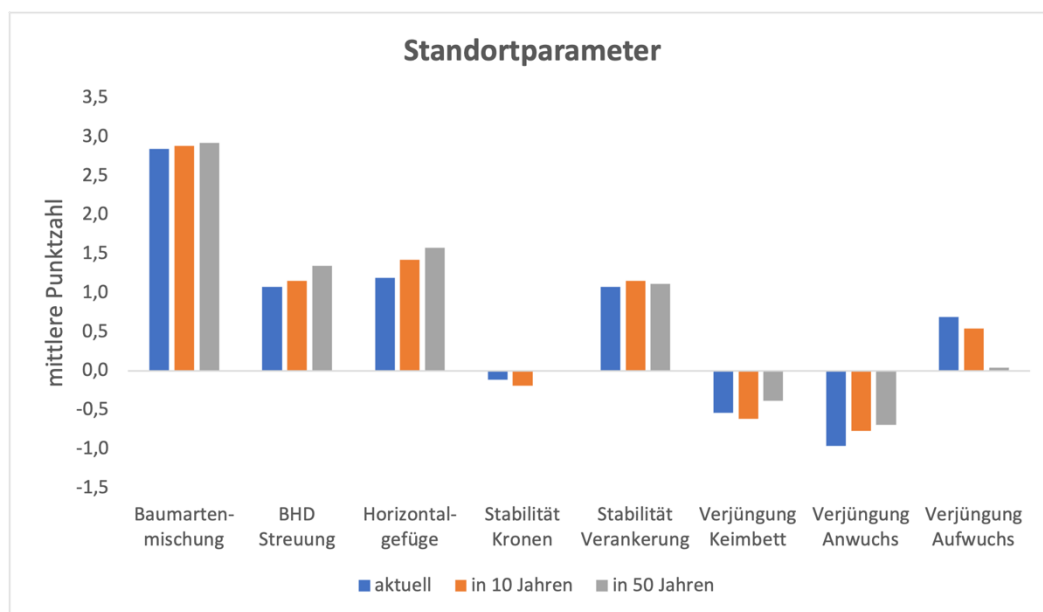


Abbildung 44: Mittlere Punktzahl der einzelnen Bewertungsparameter für die Jahre 2021, 2031 und 2071.

4.3.2 Schutzerfüllung gegenüber Lawinen

Von den 17 Stichprobenpunkten, welche eine Gefahr für Lawinenanbrüche aufgrund der Hangneigung darstellen, erfüllen fünf die Schutzfunktion vollständig, neun erfüllen sie teilweise und drei Stichprobenpunkte erfüllen sie nicht. Daraus ergibt sich, dass auf fast allen Punkten zumindest ein Teilschutz gegeben ist. Für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre ist jeweils eine Steigerung im Bereich des Lawinenschutzes zu erwarten. Der Anteil an Stichprobenpunkten, welche die Schutzfunktion komplett erfüllen, steigt von 29,4 % im Jahr 2021 auf 47,1 % im Jahr 2071 (siehe Tab. 32).

Tabelle 32: Schutzwirkung gegenüber Lawinen im NWR Laaser Berg in Prozent.

Jahr	ideale Schutzwirkung	teilweise Schutzwirkung	keine Schutzwirkung
2021	29,4 %	52,9 %	17,6 %
2031	35,3 %	47,1 %	17,6 %
2071	47,1 %	35,3 %	17,6 %

4.3.3 Schutzerfüllung gegenüber Steinschlag

Ähnlich wie beim Lawinenschutz, gibt es auch beim Steinschlagschutz unabhängig von den drei „Steingrößen“ nur wenige Stichprobenpunkte, genauer gesagt nur fünf, welche die Schutzwirkung nicht erfüllen. In Tabelle 33 sieht man, dass bei allen drei Steingrößen der Anteil an Stichprobenpunkten mit idealer Schutzwirkung in 50 Jahren zunimmt.

Tabelle 33: Schutzwirkung gegenüber Steinschlag für die verschiedenen Steingrößen in Prozent.

Steingröße	Jahr	ideale Schutzwirkung	teilweise Schutzwirkung	keine Schutzwirkung
kleine Steine	2021	38,5 %	42,3 %	19,2 %
	2031	61,5 %	19,2 %	19,2 %
	2071	46,2 %	34,6 %	19,2 %
mittlere Steine	2021	38,5 %	42,3 %	19,2 %
	2031	53,8 %	26,9 %	19,2 %
	2071	50,0 %	30,8 %	19,2 %
große Steine	2021	34,6 %	46,2 %	19,2 %
	2031	53,8 %	26,9 %	19,2 %
	2071	50,0 %	30,8 %	19,2 %

5 Diskussion

Aufgrund des großen Totholzanteils im Reservat, war es nicht immer einfach die Stichprobenpunkte wiederzufinden. Es konnten dennoch alle Punkte aufgefunden werden. Um für eventuelle erneute Wiederholungsaufnahmen Zeit zu sparen, wurden von den einzelnen Punkten diesmal auch die Koordinaten erhoben. Durch das Vorhandensein des Stichprobenrasters, sowie des Aufnahmeverfahrens durch das Projekt ELENA war eine sehr gute Arbeitsgrundlage für die Durchführung dieser Masterarbeit gegeben.

Im Rahmen des Projekts ELENA wurde auch die Hemerobie nach Grabherr et al. (1998) der aufgenommenen Probeflächen untersucht. Für das NWR Laaser Berg haben Vacik et al. (2010) die Hemerobieklassen ahemerhob (natürlich) bzw. γ -hemerob (naturnahe) ausgewiesen. Die Waldbestände des NWR Laaser Berg können also als naturnah bzw. natürlich bezeichnet werden und bieten somit optimale Voraussetzungen für die Naturwaldforschung.

5.1 Bestandesstruktur

Die Hauptbaumart des Reservats bildet die Fichte, vermehrt kommt auch noch die Lärche vor und die Zirbe nur vereinzelt. Die Bestandesstruktur entspricht demnach sehr gut der potentiell natürlichen Waldgesellschaft. Mit einem Fichtenanteil von knapp 86 % im gesamten Reservat, spiegeln sich auch die von Frehner et al. (2005) erwähnten 60–100 % Fichtenanteil für das *Larici-Piceetum typicum* wieder. Einzig die Vogelbeere in Form von Samenbäumen fehlt im Reservat, allerdings ist sie in der Verjüngung durchaus vorhanden, wenngleich die Verbissbelastung an der Vogelbeere sehr hoch ist.

Der Bestandaufbau im Reservat ist zumeist zweischichtig, vereinzelt auch dreischichtig und nur selten einschichtig. Die Oberschicht ist immer am stärksten ausgeprägt. Der mittlere Schlussgrad der Oberschicht aller Stichprobenpunkte beträgt 51 (± 14) %, somit kann für die Mehrheit der Probeflächen ein locker/ lichter Bestandesschlussgrad angenommen werden. Bezüglich der Stammzahl- und Vorratswerte der einzelnen Stichprobenpunkte ergaben sich erwartungsgemäß starke Schwankungen. Die Stammzahlwerte pro Hektar reichen bei einem Mittelwert von 572 n/ha von 167 n/ha bis zu 1201 n/ha. Bei den Vorratswerten reichen die Werte bei einem Mittel von 430,9 m³/ha von 165,5 m³/ha bis hin zu 1036,3 m³/ha. Eine eindeutige Zuordnung des gesamten Reservates zu einer Bestandesphase gestaltet sich daher als schwierig. Die Zuordnung zur Optimal- bis Plenterphase nach Scherzinger (1996) scheint für die meisten Stichprobenpunkte aufgrund des steigenden Bestandesvorrats und der Totholz mengen am zuverlässigsten (siehe Abb. 45).

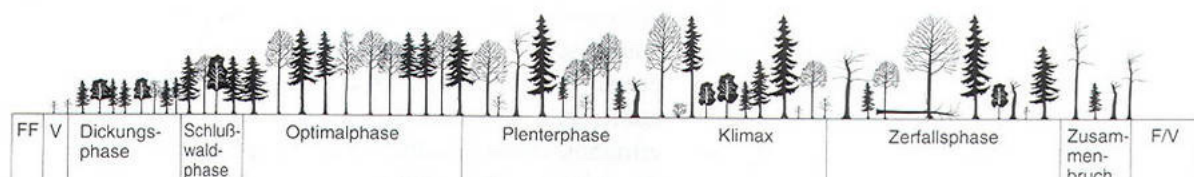


Abbildung 45: Bestandesphasen eines Waldes, Wirtschaftswald wird üblicherweise in der Optimalphase geerntet. (Scherzinger, 1996)

Die BHD-Struktur im NWR Laaser Berg kann in zwei Teile eingestuft werden (siehe Abb. 14). Der erste Teil umfasst Durchmesserstärken von 0 cm bis 29,9 cm und der zweite Teil ab 30,0 cm Durchmesser. Den ersten Teil kann man aufgrund der Anzahl zu den dazugehörigen BHD-Klassen als ausgewogen beschreiben. Der zweite Teil lässt sich durch eine exponentielle Abnahme mit größer werdendem Durchmesser beschreiben. Auffallend ist auch der Unterschied zwischen den Baumarten. Während die Fichte schwerpunktmäßig in den mittleren Durchmesserklassen vertreten ist, hat die Lärche die meisten Individuen in den stärkeren BHD-Klassen. Die Zirbe ist zwischen den Erhebungsjahren aus den mittleren Durchmesserklassen verschwunden und kommt hauptsächlich in den niedrigeren Klassen vor. Der mittlere BHD aller Individuen im Reservat beträgt 28,0 cm und ist im Vergleich zu 2008 (23,2 cm) gestiegen. Betrachtet man die Baumarten im Einzelnen erkennt man auch hier die Unterschiede zwischen den Arten gut. Der Mitteldurchmesser der Fichte liegt mit 25,8 cm knapp unter dem Mittelwert aller Individuen, ebenso darunter liegt die Zirbe mit 17,5 cm und die Salweide mit 4 cm. Die mittlere Lärchendurchmesser von 44,3 cm hingegen liegt deutlich über dem Gesamtmittelwert. Im Vergleich zu den Daten von 2008 ist der mittlere Durchmesser von Fichte (2008: 21,4 cm) und Lärche (2008: 36,9 cm) gestiegen, der mittlere Durchmesser bei der Zirbe (2008: 20,7 cm) ist hingegen aufgrund der Ausfälle in den mittleren BHD-Klassen gesunken.

Um den Bestandesaufbau und die Bestandesstruktur besser interpretieren zu können wurden die Ergebnisse mit anderen österreichischen Naturwaldreservaten verglichen. Im Zuge der Auswahl der Vergleichsbestände wurde auf ähnliche Standortvoraussetzungen, sowie Aufnahmemethoden geachtet – für die Gegenüberstellung ausgewählt wurden die Naturwaldreservate Kronawettgrube, Goldeck und Hutterwald (Vacik et al., 2010) (siehe Tab. 34). Es ist anzumerken, dass in den Reservaten Laaser Berg und Goldeck noch weitere Waldgesellschaften vorkommen, allerdings wurden in diesen keine Erhebungen durchgeführt, weshalb sie in der untenstehenden Tabelle nicht angeführt sind.

Tabelle 34: Kurzbeschreibung der Vergleichsreservate (Vacik et al., 2010).

Name	Laaser Berg	Kronawettgrube	Goldeck	Hutterwald
Wuchsgebiet	1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil	5.2 Bucklige Welt	3.3 Südliche Zwischenalpen	1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil
Seehöhe ü.N.N. [m]	1500–2000	1400–1540	1040–1620	1500–1700
Höhenstufe	hochmontan – tiefsubalpin	tiefsubalpin	tiefmontan bis hochmontan	hochmontan – tiefsubalpin
Waldgesellschaft	Larici-Piceetum	Larici-Piceetum	Larici-Piceetum/ Galio rotundifolii- Abietetum	Larici-Piceetum/ Luzulo nemorosae-Piceetum/ Mastigobryo-Piceetum

Die für den Vergleich ausgewählten Naturwaldreservate waren allesamt auch Teil des Projekts ELENA. Bei der Gegenüberstellung fällt auf, dass in allen Reservaten Aufnahmen im Larici-Piceetum durchgeführt wurden. Des Weiteren haben die Reservate eine ähnliche Seehöhe und eine daraus resultierende vergleichbare Höhenstufe. (Vacik et al., 2010)

Im Folgenden wird genauer auf die Bestandesdaten der vier Reservate eingegangen (siehe Tab. 35). Bei der Gegenüberstellung fällt auf, dass die Stammzahl im NWR Laaser Berg mit 572 Individuen pro Hektar vergleichbar mit den Stammzahlen der Reservate Kronawettgrube (522 n/ha) und Goldeck (543 n/ha) sind. Nur im NWR Hutterwald ist die Stammzahl mit

786 n/ha deutlich höher. Auch bei der Grundfläche liegt das NWR Laaser Berg in einem ähnlichen Bereich wie das NWR Kronawettgrube sowie das NWR Goldeck.

Betrachtet man den Bestandesvorrat, lässt sich das NWR Laaser Berg mit einem Bestandesvorrat von 430,9 m³/ha recht gut mit dem NWR Kronawettgrube (477,9 m³/ha) vergleichen. In den Reservaten Goldeck (724,8 m³/ha) und Hutterwald (361,7 m³/ha) weichen die Vorratsmengen stärker ab.

Bei der Baumartenzusammensetzung, gemessen an der Stammzahl, dominiert in allen Reservaten die Fichte. Im NWR Kronawettgrube kommt die Fichte sogar zu 99 % vor und eingesprengt die Vogelbeere. Bei den Reservaten Laaser Berg und Hutterwald ist die Zusammensetzung beinahe ident, mit dem Unterschied, dass beim Laaser Berg auch die Zirbe vorkommt. Das NWR Goldeck sticht im Vergleich mit den anderen Reservaten aufgrund der Anzahl an verschiedenen Baumarten heraus. Abgesehen von Fichte, Lärche und Tanne kommen die Laubbaumarten allerdings nur eingesprengt vor.

Tabelle 35: Bestandesdaten der Vergleichsreservate (Vacik et al., 2010).

	Laaser Berg	Kronawettgrube	Goldeck	Hutterwald
Stammzahl [n/ha]	572 ±241	522 ±198	543 ±407	786 ±770
Grundfläche [m ² /ha]	50,4 ±16,3	45,5 ±16,1	50,5 ±19,6	35,3 ±17,0
Vorrat [m ³ /ha]	430,9 ±194,2	477,9 ±199,7	724,8 ±311,0	361,7 ±216,8
Baumarten- Anteile [%]	Fi: 86; Lär: 13; Zi: 1	Fi: 99; Vb: 1	Fi: 78; Lär: 11; Ta: 4; BAh: 2; Vb: 1; SaWe: 1; GrEr: 1; Bi: 1; WEr: 1	Fi: 84; Lär: 16

Wenn man sich die H/D-Werte für das NWR Laaser Berg ansieht (vgl. Tab. 17), scheint auf den ersten Blick eine gute Bestandesstabilität gegeben zu sein. 91,7 % aller Individuen haben einen H/D-Wert unter 80. Allerdings gilt es hierbei zu beachten, dass hier auch die gebrochenen Bäume miteinberechnet sind, welche das Bild natürlich verzerren, da die gebrochenen Individuen den H/D-Wert senken. Aufgrund dessen wurde auch ein H/D-Wert nur für die unbeschädigten Bäume berechnet (siehe Tab. X, Anhang B). Bei 87,6 % der gesunden Individuen ist der H/D-Wert kleiner 80. Dies zeigt, warum diese Bäume nicht von Schneebruchschäden betroffen waren. Allerdings ist auch dieser Wert nicht repräsentativ für das gesamte Reservat, da er eben nur aus unbeschädigten Individuen gebildet ist.

5.2 Verjüngungsanalyse

Ein wichtiger Faktor, um die Schutzwirkung von Gebirgswäldern nachhaltig zu gewährleisten, ist ausreichende Naturverjüngung (Stroheker et al., 2014; Duc und Brang, 2003). Allerdings sind die Verjüngungsbedingungen in der subalpinen Stufe zumeist schwierig. Es fehlt häufig ein geeignetes Keimbett, sowie an günstigen Bedingungen für das spätere Pflanzenwachstum. (Duc und Brang 2003; Ott et al., 1997). Wichtige Faktoren, welche die Verjüngung wesentlich

beeinflussen sind das Samenangebot, Lichtsituationen im Bestand, Konkurrenzvegetation durch Kraut- und Strauchschicht, sowie Wildtierverschiss (Frehner et al., 2005).

Die Verjüngungssituation im NWR Laaser Berg ist hauptsächlich von der Fichte geprägt. Auffallend ist vor allem, dass die Kategorie der Mehrjährigen bis 15 cm die höchste Anzahl an Individuen pro Hektar (7028 ± 10141) aller untersuchten Klassen aufweist. Die Keimlingsanzahl im NWR Laaser Berg beträgt 2991 ± 5687 n/ha. Fasst man alle vier Verjüngungskategorien zusammen, hat die Fichte einen Anteil von 78,3 % der gesamten Verjüngung (siehe Tab. 36), in den Klassen „Mehrjährigen“ (80,8 %), „15–30 cm“ (100 %) und „30–130 cm“ (98,9 %) ist der Fichtenanteil noch höher. Die Lärche hat einen Anteil von 16,6% an der gesamten Verjüngung, wobei dieser von 36,6 % bei den Keimlingen auf 0,9% in der Klasse 30–130 cm abfällt. Die Zirbe (3,9 %) und die Vogelbeere (1,1 %) haben nur einen geringen Anteil an der Verjüngung.

Tabelle 36: Gesamtverjüngungszahlen für die einzelnen Baumarten.

Baumart	Anzahl [n/ha]	%
Fichte	8882	78,3
Lärche	1882	16,6
Zirbe	444	3,9
Vogelbeere	129	1,1
Σ	11337	100

Im Vergleich zu den Verjüngungszahlen aus dem Erhebungsjahr 2008 ist es vor allem bei den Keimlingen zu einem starken Rückgang (siehe Tab. 29) gekommen. Ein Grund für diesen großen Unterschied ist möglicherweise ein Auftreten eines Samenjahres im Jahr vor den ELENA-Aufnahmen, also im Jahr 2007. Götze (2013) zum Beispiel spricht von einem solchen Samenjahr für das NWR Hutterwald – gleiches Wuchsgebiet wie für das NWR Laaser Berg – für das Jahr 2007. In den anderen Kategorien hingegen ist es teils zu deutlich höheren Zahlen im Vergleich gekommen. Die Anzahl der Kategorie „30–130 cm“ hat sich verglichen mit 2008 ungefähr verdoppelt und in der Kategorie „Mehrjährige“ hat sich die Zahl der Individuen knapp versechsfacht. Auffallend war während der Aufnahmearbeiten auch, dass viele der Individuen, hauptsächlich Fichten, in der Klasse „30–130 cm“ ein zweites Mal aufgenommen wurden, da diese durch ein Markierungsband eindeutig identifiziert werden konnten. Viele Individuen sind also im Zeitraum zwischen 2008 und 2012 nicht über 130 cm hinausgewachsen. Des Weiteren konnten auch einige abgestorbene Bäume mit Markierungsband der Vorerhebung festgestellt werden, allerdings wurden dazu keine Daten erhoben.

Wenngleich es in den höheren Verjüngungskategorien im NWR Laaser Berg zu einem Anstieg gekommen ist, ist das Verjüngungsaufkommen unregelmäßig zwischen den einzelnen Stichprobenpunkten verteilt. Fasst man alle vier Verjüngungskategorien zusammen kommt, auf 85 % aller Stichprobenpunkte Verjüngung zumindest in einer Kategorie vor. In den einzelnen Kategorien sieht dies allerdings teils differenziert aus. So kommt Verjüngung von 15–30 cm auf nur 15 % aller Stichprobenpunkte vor und Keimlinge auf 38 % aller Stichprobenpunkte. Unterschiede gibt es auch zwischen dem Aufnahmeort der Verjüngung, den Verjüngungsteilflächen bzw. auf Totholz.

Ein Unterschied für das Vorkommen von Naturverjüngung konnte zwischen den zwei Höhenstufen hochmontan und tiefsupalpin festgestellt werden. Die Stichprobenpunkte

wurden nach der Einteilung der Höhenstufen für das Wuchsgebiet 1.3 nach Kilian et al. (1994) unterteilt und die Mittelwerte der einzelnen Kategorien für die zwei Höhenstufen verglichen. Nach Ott et al. (1997) ist die Naturverjüngung in Bergwäldern der montanen Stufe – nach Preuhlsler (1981) zwischen 600 und 1400 m Seehöhe – bei einer geringen Verbissbelastung durch Schalenwild unproblematisch. Für die subalpine Höhenstufe sprechen Duc und Brang (2003) von wesentlich schwierigeren Bedingungen für die Naturverjüngung. Häufig fehlt es neben einem geeigneten Keimbett, auch an günstigen Wachstumsbedingungen (Ott et al., 1997; Duc und Brang, 2003).

In Tabelle 37 sind die Verjüngungszahlen pro Hektar getrennt für die zwei vorkommenden Höhenstufen, sowie für das gesamte Reservat dargestellt. Dabei lässt sich ein teils deutlicher Unterschied zwischen den Höhenstufen erkennen. Während es bei den Keimlingen zu vergleichsweise ähnlichen Werten kommt, ist der Unterschied in den anderen Kategorien deutlich. In der Kategorie „15–30 cm“ kommen in der hochmontanen Höhenstufe z.B. 6,8-mal so viele Individuen pro Hektar vor wie in der tiefsubalpinen Höhenstufe. Für die Kategorie der Mehrjährigen sind die Unterschiede zwischen den Höhenstufen auch signifikant ($p = 0,017$), bei den anderen drei Kategorien hingegen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Tabelle 37: Mittlere Verjüngungszahlen pro Hektar getrennt nach Verjüngungskategorie, sowie Höhenstufe.

	Probepunkte	Keimlinge	Mehrjährige	15-30 cm	30-130 cm
hochmontan	9	4823	15064	834	2009
tiefsubalpin	17	2021	2774	123	386
Laaser Berg	26	2991	7028	369	948

Aufgrund zahlreicher Faktoren, wie hoher Schneedecken, Wärmemangel, Frostrocknis, Wildverbiss, etc., ist das Aufkommen von Naturverjüngung im subalpinen Fichtenwald erschwert (Frehner et al., 2005; Landolt, 2003; Stroheker et al., 2014). Aufgrund dessen hängt eine erfolgreiche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald stark von günstigen Kleinstandorten ab. Fichtenverjüngung ist z.B. hauptsächlich auf Mineralerde oder feuchten Totholz zu finden. (Stroheker et al., 2014) Auf solchen günstigen Kleinstandorten ist die Verjüngung dann häufig dicht vorhanden (Brang 1996; Frehner et al., 2005). Dies konnte auch im Rahmen dieser Arbeit festgestellt werden. Wie in Abbildung 28 ersichtlich, weisen nur 23 % aller Individuen mit einer Höhe zwischen 15 und 130 cm keine Besonderheiten hinsichtlich eines Kleinstandortes auf. Wichtige Kleinstandorte waren z.B. „Totholz“ mit 25 %, ein „erhöhter Standort“ mit 19 %, oder auch im „Traufbereich“ mit 15 % Anteil.

Von besonderer Bedeutung für die Naturverjüngung im Bergwald ist Totholz (Lachat et al., 2019). Aufgrund der standörtlichen Verhältnisse in Bergwäldern ist die Naturverjüngung auf das Vorhandensein von Moderholz angewiesen (Vacik et al., 2010; Stöckli, 1995). Eichrodt (1969) spricht z.B. davon, dass besonders in den mitteleuropäischen Urwäldern, sprich in unbewirtschafteten Wäldern, Naturverjüngung auf Totholz auftritt. Auch im NWR Laaser Berg konnte die Wichtigkeit von Totholz für die Naturverjüngung gezeigt werden. 78 % der gesamten Naturverjüngung wurde auf Totholz vorgefunden (siehe Tab. 22). Die Verjüngung wurde dabei unabhängig über alle Zersetzungsstadien des Totholzes gefunden, zum Teil auch auf frischem Totholz, sofern Spalten oder Risse vorhanden waren. Wenn allerdings mehrere Verjüngungsindividuen auf einem Totholzstück vorgekommen sind, war dieses meistens bereits stärker zersetzt (siehe Abb. 46).



Abbildung 46: Fichtenverjüngung auf Totholz im NWR Laaser Berg.

Verbiss durch Wildtiere ist ein wichtiger Faktor für das Aufkommen von Naturverjüngung (Frehner et al., 2005; Kupferschmid und Bugmann, 2005). Dies ist auch im NWR Laaser Berg der Fall, vor allem da hier Rot-, Reh-, Gams- und Steinwild ihren Lebensraum haben. Die Verbissbelastung wurde für Pflanzen von 15–130 cm Höhe aufgenommen, dabei wurde bei 31 % aller Individuen dieser Höhe Verbiss festgestellt, wobei nur Fichten verbissen waren. Im Vergleich zur Erhebung im Jahr 2008, wo 12 % aller Pflanzen verbissen waren, ist hier ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen. Auffallend war auch die Tatsache, dass die Vogelbeere, welche nur in der Kategorie „Mehrjährige“ – wo Verbiss nicht aufgenommen wurde – vorgekommen ist, zu 100 % verbissen ist. Ein Aufkommen der Vogelbeere in höhere Verjüngungskategorien ist unter diesen Umständen nicht denkbar.

5.3 Totholzanalyse

Totholz ist von struktureller und funktioneller Bedeutung für das Ökosystem Wald. (Harmon et al., 1986; Herrmann et al., 2012) Für viele Arten ist es eine wichtige Lebensgrundlage, wobei neben der Menge auch die Qualität (z.B. Dimension oder Zersetzungsgrad) von Bedeutung ist (Herrmann et al., 2012). Des Weiteren kann Totholz auch einen wichtigen Beitrag zum Schutz gegen Naturgefahren leisten. Liegende Stämme oder stehende Stümpfe stabilisieren den Boden und leisten dadurch einen Beitrag zum Schutz vor Erosion oder Lawinenanrissen. Für den Steinschlagschutz haben quer oder schräg zum Hang liegende Stämme eine wichtige Bedeutung. Allerdings bieten solche Stämme nur einen vorübergehenden Schutz, da die zurückgehaltenen Steine mit stärkerer Zersetzung des Totholzes wieder frei gelassen werden. (Lachat et al., 2019).

Da größere Mengen von Totholz oft in Zusammenhang mit Störereignissen stehen (wie z.B. nach einem Windwurf), ändert sich die Menge und Qualität des Totholzes in einem Bestand manchmal auch schlagartig (Lachat et al., 2019). Aufgrund der in Kapitel 4.2.2 beschriebenen

Schäden durch Windwurf und Schneebruch ist im NWR Laaser Berg momentan vor allem viel frisches Totholz vorhanden. Mit einer Totholzmenge von $96,2 \text{ m}^3/\text{ha}$ liegt dieser Wert deutlich über den von 2008 (siehe Kapitel 4.2.1.3). Der Anteil des Totholzes am Bestandesvorrat hat sich mit nunmehr 22 % im Vergleich zum ELENA-Projekt verdoppelt.

Der Anteil an frischem Totholz im NWR Laaser Berg ist aufgrund der Sturm- und Schneeschäden groß. 57,6 % des gesamten Totholzes wurden mit einem Alter unter fünf Jahren eingestuft und 74,4 % des Totholzvorrats haben ein Alter zwischen null und neun Jahren. Mit der Zersetzung des frischen Totholzes, wird es in Zukunft genügend Substrat für Naturverjüngung geben. Laut Kupferschmid und Bugmann (2005) ist Totholz besonders für die Fichtenverjüngung ein geeignetes Substrat. Die Verteilung des Totholzvorkommens im NWR Laaser Berg ist durchaus gleichmäßig, da auf allen Stichprobenpunkten Totholz aufgenommen werden konnte. Laut Korpel (1997) bzw. Saniga und Schütz (2001) liegt der Totholzvorrat in europäischen Urwäldern abhängig von der Entwicklungsphase und der Baumartenzusammensetzung bei 40 bis $450 \text{ m}^3/\text{ha}$. Bei 18 der 26 Stichprobenpunkte liegt der Wert in dieser Spanne. Die anderen Punkte haben Werte unter $40 \text{ m}^3/\text{ha}$, wobei nur zwei davon deutlich darunter liegen. Auf drei Stichprobenpunkten liegt der Totholzwert bei über $200 \text{ m}^3/\text{ha}$, mit dem Maximum von $266 \text{ m}^3/\text{ha}$ auf Stichprobenpunkt 19. Der Großteil des Totholzes im NWR Laaser Berg ist liegendes Totholz, genauer 73 % des gesamten Totholzvolumens. Abbildung 47 zeigt typische Bilder für die Totholzsituation im Reservat während der Aufnahmen.



Abbildung 47: Beispielbilder für die Totholzsituation im NWR Laaser Berg.

Beim stehenden Totholz ist der Anteil am Todeszeitpunkt der Klasse 0–4 im Vergleich zum Zersetzungsgrad der Klasse A (vgl. Kapitel 4.1.4) deswegen größer, da einige Individuen mit dem Zersetzungsgrad der Klasse B noch dem Alter 0–4 zugeordnet worden sind, da bei diesen schon beginnende Zersetzungsmerkmale festgestellt werden konnten. Bei den anderen beiden Totholzkategorien konnte dieser Unterschied hingegen nicht festgestellt werden.

Während der Datenerhebungen wurde auf den frischen Totholzstämmen auch starker Befall durch den Buchdrucker (*Ips typographus*) festgestellt. Aufgrund der gesamten Totholzsituation und dem großen Angebot an geschwächten Bäumen im Bestand ist von einer starken Vermehrung des Buchdruckers auszugehen, wodurch es in Zukunft zu einem noch größeren Totholzvolumen im NWR Laaser Berg kommen kann. Ob dadurch phytosanitäre Maßnahmen ergriffen werden müssen, ist laufend zu prüfen.

5.4 Erfüllung der Schutzfunktionen

Wald bietet im Vergleich zu unbewaldeten Flächen einen höheren Schutzerfüllungsgrad (u.a. van Steijn, 1996; Brauner et al., 2005; Dorren et al., 2005). Es kommt allerdings auf den Waldzustand an, wie gut dieser vor Naturgefahren schützt. Nach Dorren et al. (2004) variiert der Schutzerfüllungsgrad eines Waldes hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung, der vorhandenen Waldstruktur und der vorhandenen Naturverjüngung. Im NaiS-Konzept nach Frehner et al. (2005) werden all diese Punkte zur Bestimmung der Schutzerfüllung verwendet.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Schutzerfüllungsgrad des NWR Laaser Berg auf den Schutz in Hinblick auf die Erfüllung der standörtlichen Voraussetzungen, sowie die Anforderungen hinsichtlich der Naturgefahren Lawine und Steinschlag untersucht. Dabei konnte in allen Fällen eine zufriedenstellende Schutzwirkung des Reservates festgestellt werden. Anzumerken ist, dass die einzelnen Bewertungsparameter ungewichtet waren, sprich es wurde eine Gleichwertigkeit der Parameter angenommen. Hätte man z.B. die Verjüngungsparameter stärker gewichtet als die anderen Parameter, wäre die Schutzerfüllung im NWR Laaser Berg schlechter im Vergleich mit den ungewichteten Bewertungsparametern.

Betreffend des Standortschutzes erfüllen nur fünf Stichprobenpunkte nicht die Minimalanforderungen nach dem NaiS-Konzept. Dies ist auch für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre der Fall. Aktuell werden die Anforderung von neun Stichprobenpunkten erfüllt, wobei sich diese Zahl für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre auf zehn Stichprobenpunkte erhöht. Hinsichtlich der einzelnen Bewertungsparameter schneidet die Baumartenmischung mit 2,8 von 3 möglichen Punkten hervorragend ab. Die Parameter „Verjüngung Keimbett“ und „Verjüngung Anwuchs“ entsprechen den Minimalanforderungen nicht und können sich in den nächsten 50 Jahren zwar minimal verbessern, zufriedenstellend sind die Werte dieser Parameter allerdings auch dann noch nicht.

Auch für die beiden Naturgefahren Lawine und Steinschlag zeigt sich im NWR Laaser Berg ein zufriedenstellendes Bild. Auf fast allen Stichprobenpunkten wird die Schutzerfüllung zumindest teilweise erfüllt, auch in den nächsten 10 bzw. 50 Jahren. Der Lawinenschutz verbessert sich in den nächsten 50 Jahren aufgrund der angenommenen Erhöhung des Deckungsgrades der Bestände. Der Steinschlagschutz im Reservat wird durch die momentane Totholzmenge begünstigt, weshalb auch hier fast jeder Punkt für jede Steingröße die Anforderungen zumindest teilweise erfüllt. Auch die Anforderungen an die Stammzahl werden auf den meisten Punkten gut erfüllt.

Wie in den Methoden erwähnt, sind in der Prognose für die nächsten 10 bzw. 50 Jahre einerseits Kalamitäten ausgeschlossen worden und andererseits wurde eine Erhöhung des Überschirmungsgrades angenommen. Dabei wurde für jeden einzelnen Stichprobenpunkt in Abhängigkeit des derzeitigen Überschirmungsgrades, sowie der lebenden Bäume in den unteren Bestandesschichten abgeschätzt wie hoch der Überschirmungsgrad ansteigen könnte. Eine Verbesserung hin zu einem Grad, welcher speziell den Anforderungen des Lawinenschutzes entspricht, konnte dabei nur bei vier von elf Stichprobenpunkten angenommen werden. Bei den restlichen 15 Punkten ist bereits aktuell ein genügend hoher Überschirmungsgrad vorhanden, welcher sich in Zukunft entweder verbessert oder auf einem ähnlichen Niveau bleibt.

Räumlich betrachtet gibt es keine größeren zusammenhängenden Gebiete, welche die Schutzfunktionen nicht bzw. nur schlecht erfüllen. Einzig im nordwestlichen Bereich bei den Stichprobenpunkten 2, 3 und 4 werden die Anforderungen an den Standortschutz auf einem näher zusammenliegenden Raum nicht erfüllt, wobei diese Punkte nicht in einer Falllinie liegen. Nur der Lawinenstrich im Osten des Reservates – zwischen den Punkten 19 und 20 – kann als Zone ohne Schutzfunktion angesehen werden. Daran wird sich auch nichts ändern, da die Waldentwicklung zu langsam voranschreitet, um diese Freifläche schließen zu können.

Ein wichtiger Faktor zu Erhaltung der Schutzfunktion ist die Reproduktion des Waldes (Niese, 2011). Die Steigerung der Verjüngungszahlen zwischen den Jahren 2008 und 2021 im NWR Laaser Berg zeigt hier in die richtige Richtung. Allerdings ist der Wildeinfluss nicht zu vernachlässigen, da der Verbiss sich zwischen den Aufnahmejahren mehr als verdoppelt hat. Aufgrund der hohen Totholz mengen ist für die nächsten Jahre allerdings genügend Substrat für Naturverjüngung vorhanden, um ein ausreichendes Maß an Pflanzen im An- und Aufwuchs erreichen zu können.

6 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit soll als Folgeerhebung des Projekts ELENA zur besseren Verständlichkeit von natürlichen Abläufen in unbewirtschafteten Wäldern beitragen. Aufgrund der gleichen Aufnahmemethoden lassen sich die Daten der beiden Aufnahmejahre gut vergleichen. Obwohl zwischen den Erhebungsjahren ein für die Waldentwicklung nur kurzer Zeitraum von zwölf Jahren liegt, ist die natürliche Dynamik im NWR sichtbar. Durch den Vergleich mit den Daten der Ersteinrichtung als Naturwaldreservat im Jahr 1998 ist ein noch längerer Vergleichszeitraum der Bestandesentwicklung gegeben.

Wegen einer Serie von Bestandesschäden in den Jahren vor der Datenerhebung für diese Arbeit, haben sich deutliche Unterschiede zwischen den Aufnahmejahren in den meisten Punkten ergeben. Besonders betroffen waren der Bestandesvorrat, die Stammzahl und natürlich das Totholzvolumen. Trotz des großen Totholzaufkommens war es möglich alle Stichprobenpunkte aufzufinden, wobei sie zum Teil rekonstruiert werden mussten. Um das Auffinden für eine neuerliche Folgeerhebung in der Zukunft sicherzustellen, wurden von den Punkten diesmal auch die Koordinaten aufgenommen.

Die Entwicklung des NWR Laaser Berg ist vor allem durch den Rückgang des Bestandesvorrats bei gleichzeitigem Anstieg des Totholzvolumens geprägt. Besonders betroffen von den Ausfällen war die Fichte. Lärche und Zirbe wurden im Vergleichszeitraum von den am Bestand entstandenen Schäden zumeist verschont. Abzuwarten bleibt außerdem auch, ob es durch das hauptsächlich noch frische Totholz zu einer möglichen Borkenkäferkalamität kommt, was das Bestandesbild wiederum drastisch ändern würde.

Die Verjüngungssituation im Reservat hat sich im Vergleich zu 2008 leicht verbessert, was die größeren Verjüngungskategorien angeht. Diese konnte im Vergleich zur ELENA-Erhebung ihre Individuenanzahl pro Hektar erhöhen. Einzig bei den Keimlingen ist es zu einem deutlichen Rückgang gekommen. Auffallend bei der Verjüngungssituation war die Bedeutung von Totholz. In Summe wuchs die Verjüngung zu einem Großteil auf Totholz, was die Wichtigkeit dessen als Substrat für eine erfolgreiche Naturverjüngung zeigt. Durch die großen Mengen an noch frischen Totholzstämmen im Reservat, ist eine gute Ausgangslage für eine weitere Erhöhung der Verjüngungszahlen gegeben, sobald die Zersetzung des Totholzes beginnt. Erfreulich ist das vermehrte Vorkommen der Vogelbeere in der Verjüngung. Allerdings zeigt sich besonders an der Vogelbeere der Wilddruck im Reservat, da alle aufgefundenen Individuen dieser Baumart Verbiss zu verzeichnen hatten. Auch ansonsten ist der Wildeinfluss im Reservat hoch. Ein erhöhter Jagddruck im Reservat ist aufgrund der schwierigen Bejagungsmöglichkeiten auf einem Großteil der Fläche eine Herausforderung.

Ein weiterer wichtiger Teil der Arbeit war die Überprüfung der Erfüllung der Schutzfunktion im Reservat. Dabei zeigt sich, dass sowohl der Standortschutz als auch der Schutz gegenüber Lawinen und Steinschlag auf einem Großteil der Fläche zufriedenstellend erfüllt werden. Auch für die nächsten 50 Jahre konnte mittels des NaiS-Konzepts eine zufriedenstellende Schutzerfüllung ermittelt werden. Dieses Ergebnis kann allerdings nicht als Garantie für die Zukunft gesehen werden, da externe Einflüsse wie Kalamitäten oder kleinere Schadereignisse den Zustand leicht beeinflussen können. Die Erfahrung der letzten Jahre zeigt, dass solche Ereignisse rasch auftreten können.

Für alle erhobenen Daten ist anzumerken, dass diese im *Larici-Piceetum* durchgeführt wurden. Speziell für die zweite zonale Waldgesellschaft im NWR Laaser Berg, dem *Larici-Pinetum cembrae*, sind die Daten nicht unmittelbar übertragbar, aber durchaus vergleichbar. Die Einrichtung von weiteren Stichprobenpunkten im *Larici-Pinetum cembrae* ist zwar denkbar, wäre aber aufgrund des weiten Zustiegs dorthin allerdings mit einem hohen Aufwand verbunden.

In Hinblick auf die Überalterung des Schutzwaldes in Österreich zeigen die Ergebnisse der Arbeit, dass auch ein Naturwaldreservat und somit ein unbewirtschafteter Wald einen zufriedenstellenden Schutz vor Naturgefahren bieten kann. Allerdings ist anzumerken, dass bei der Bewertung der Schutzparameter gerade die Verjüngungsbedingungen die schlechtesten Punktzahlen gehabt haben. Daraus lässt sich ableiten, dass für die Bewirtschaftung von Schutzwäldern, besonders die Förderung der Verjüngung unabdingbar ist. Beispielsweise durch das Schaffen von kleinen Lücken, um den Lichteinfluss zu verbessern oder durch das gezielte Fördern von Totholz als Substrat. Naturwaldreservate als Vergleichsflächen haben allerdings eine besonders wichtige Bedeutung.

Durch den Aufnahmeschlüssel des Projekts ELENA war es möglich die Entwicklung des NWR Laaser Berg aufzuzeigen. Des Weiteren bietet er eine Grundlage zum Vergleich mit anderen österreichischen Naturwaldreservaten. Um die Entwicklung des Laaser Bergs auch in Zukunft verfolgen zu können, werden weitere Folgerhebungen in einem 10 Jahres Intervall empfohlen.

7 Literaturverzeichnis

AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (2021a): Forstschutz. <https://www.ktn.gv.at/Verwaltung/Amt-der-Kaerntner-Landesregierung/Abteilung-10/Forstschutz> (21.08.2021).

AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (2021b): Forstschutz. https://www.ktn.gv.at/DE/repos/files/ktn.gv.at/Abteilungen/Abt10/Dateien/Forstwirtschaft/Forstschutz%20Kügler/DWF%282%29/DWF_schadholzmengen_kärnten_2020.jpg?exp=877834&fps=4e004ea211155a89881362d954a5df769e4866df (21.08.2021).

BACHMANN, P. 1970: Wirtschaftliche Überlegungen zur Waldpflege. HESPA Mitteilungen 20, Luzern, 24.

BECKER, S. (2015): Bestandesentwicklung und Schutzfunktionalität des Naturwaldreservates Dürwald, Montafon. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

BERGER, D. (2021): Mündliche Mitteilung 16.09.2021.

BRANG, P. (1996): Experimentelle Untersuchungen zur Ansamungs- ökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen Nr. 77.

BRAUNER, M.; WEINMEISTER, W.; AGNER, P.; VOSPERNIK, S; HOESELE, B. (2005): Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rock fall. Forest Ecology and Management, 207: 75-85.

BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (2021 a): Zwischenauswertung der ÖWI 2016/18 – Bund. https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/Bundesergebnisse_OEWI_16_18.pdf (15.07.2021).

BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (2021 b): Naturwaldreservate. <http://www.naturwaldreservate.at/index.php/de/nwr-programm> (19.07.2021).

BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (2021 c): Naturwaldreservate in Österreich. <http://www.naturwaldreservate.at/index.php/de/> (10.08.2021).

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2015): Österreichischer Waldbericht 2015. Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, REGIONEN UND TOURISMUS (2021): Naturwaldreservate. <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-biodiversitaet/naturwaldreservate.html> (16.07.2021).

DORREN, L.K.A.; BERGER, F.; IMESON, A.C.; MAIER, B. REY, F. (2004): Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. Forest Ecology and Management, 195: 165-176.

DORREN, L.K.A.; BERGER, F.; LE HIR, C.; MERMIN, E.; TARDIF, P. (2005): Mechanisms, effects and management implications of rock fall in forests. Forest Ecology and Management, 215: 183-195.

DUC, P.; BRANG, P. (2003): Die Verjüngungssituation im Gebirgswald des Schweizerischen Alpenraumes. BFW-Bericht 130: 31-49.

EICHRODT, R. (1969): Ueber die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.

FISCHER, M. A.; ADLER, W.; OSWALD, K. (2005): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 2. Aufl., Land Oberösterreich, Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen, Linz, 1392.

FRANK, G.; KOCH, G. (1999): Country Reports for the COST Action E4: Forest Reserves Research Network. In: Parviainen, J., (Hrsg.): Research in Forest Reserves and Natural Forests in European Countries. EFI Proceedings, No. 16, 35-54.

FRANK, G.; STEINER, H. (2004): Richtlinien für die Einrichtung von Naturwaldreservaten und die Erstellung von Gutachten. Institut für Waldbau, Abt. Waldbaugrundlagen und Naturschutz, BFW, Wien, 14.

FREHNER, M.; WASSER, B.; SCHWITTER, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald: Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.

FRISCH, W.; VAVRA, G.; WINKLER, M. (1993): Evolution of the Penninic Basement of the Eastern Alps. In: RAUMER, J. und NEUBAUER, F. (1993): Pre-Mesozoic Geology in the Alps. Berlin-Heidelberg: Springer: 349-360.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (2021): Geologische Karte der Sonnblickgruppe. https://opac.geologie.ac.at/wwwopacx/wwwopac.ashx?command=getcontent&server=image&value=Geologische_Karte_der_Sonnblickgruppe.pdf (10.08.2021).

GÖTZE, M. (2013): Waldbauliche Analyse des Naturwaldreservates Hutterwald, Salzburg. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur, Wien.

HARMON, M.; FRANKLIN, J.; SWANSON, F.; SOLLINS, P.; GREGORY, S.; LATTIN, J.; ANDERSON, N.; CLINE, S.; AUMEN, N.; SEDEL, J.; LIENKAEMPER, G.; CROMACK, K.; CUMMINS, K. (1986): Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15: 133-302.

HASENAUER, H.; MERGANICOVA, K.; PETRITSCH, R.; PIETSCH, S.A.; THORNTON, P.E. (2003): Validating daily climate interpolations over complex terrain in Austria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 119(1-2), 87-107.

HERRMANN, S.; CONDER, M.; BRANG, P. (2012): Totholzvolumen und -qualität in ausgewählten Schweizer Naturwaldreservaten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 163: 222-231.

JAKOBS, U. (2008): Naturnaher Waldbau und Naturwaldforschung als Strategie für Nutz- und Schutzfunktionen des Waldes. *Annales scientifiques de la réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord - Pfälzerwald*, 14, 21-26.

KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs: Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. In: FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT (Hrsg.) Österreichische Waldboden- Zustandsinventur. Ergebnisse Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Wien. Nr. 168/I,II.

KOCH, G.; FRANK, G. (1999): Aufnahmeschlüssel für die Erhebung von Naturwaldreservaten in Österreich - Vegetation & Standort. FBVA, Abteilung Waldbaugrundlagen und Naturschutz, Institut für Waldbau, 37.

KORPEL, S. (1997): Totholz in Naturwäldern und Konsequenzen für Naturschutz und Forstwirtschaft. *Forst und Holz* 52: 619-624.

KRAINER, K. (1988): Ein geologischer Streifzug durch Kärnten. *Carinthia* II, 178_98: 141-170.
KUPFERSCHMID, A.; BUGMANN, H. (2005): Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205: 251-265.

LACHAT, T.; BRANG, P.; BOLLIGER, M.; BOLLMANN, K.; BRÄNDLI, U.B.; BÜTLER, R. HERRMANN, S.; SCHNEIDER, O.; WERMELINGER, B. (2019): Totholz im Wald: Entstehung, Bedeutung und Förderung. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Merkblatt für die Praxis, 52.

LANDOLT, E. (2003): Unsere Alpenflora. Bern: Schweizer Alpenclub.

MEYER, P. 1999: Totholzuntersuchungen in nordwestdeutschen Naturwäldern: Methodik und erste Ergebnisse. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 118, 167-180.

MUCINA, L.; GRABHERR, G.; WALLNÖFER, S. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III – Wälder und Gebüsche. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart-New York, 353.

NATIONALPARK HOHE TAUERN (2021): Geologie: Die Entstehung der Alpen. <https://hohetauern.at/de/natur/geologie.html> (11.08.2021)

NIESE, G. (2011): Österreichs Schutzwälder sind total überaltert. *BFW-Praxisinformation* 24: 29-31.

OTT, E.; FREHNER, M. FREY, H.-U.; LÜSCHER, P. (1997): Gebirgsnadelwälder: Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortsgerechte Waldbehandlung. Paul Haupt Verlag, Bern-Stuttgart-Wien.

PETRITSCH, R. (2002): Anwendung und Validierung des Klimainterpolationsmodells DAYMET in Österreich. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

POLLANSCHÜTZ, J. (1974): Formzahlfunktionen der hauptbaumarten Österreichs. *Allgemeine Forstzeitung*, 85, 341-343.

PREUHSLE, T. (1981): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 100: 313-345.

ROCKENSCHAUB, M.; KOLENPRAT, B.; NOWOTNY, A. (2003): Das westliche Tauernfenster. Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt, 2003: 7-38.

RUPRECHT, H.; VACIK, H. (2009): Aufnahmeschlüssel für die Erhebung in Naturwaldreservaten für das Projekt „ELENA“.

SANIGA, M.; SCHÜTZ, J. (2001): Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 152: 407-416.

SCHADAUER, K., NIESE, G. & KÖNIG U. 1997: Wie gefährdet ist Österreichs Schutzwald? Waldinventur 1992/96. Zur Nachhaltigkeit im österreichischen Wald. Beilage zur österreichischen Forstzeitung 12/1997.

SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung; Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

SCHIELER, K. 1988: Methodische Fragen in Zusammenhang mit der österreichischen Forstinventur. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 99.

SCHWEINZER, K. (1998): Gutachten über die Eignung des Waldbestandes „Laaser-Berg“ als Naturwaldreservat und Ermittlung des Entgelts. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, unveröffentlicht.

STEYRER, G.; CECH, T.; FÜRST, A.; HOCH, G.; PERNY, B. (2020): Waldschutzsituation 2018 in Österreich: Borkenkäferkalamität legt im Nordosten weiter zu. Forstschutz Aktuell 64: 23-32.

STÖCKLI, B. (1995): Moderholz für die Naturverjüngung im Bergwald: Anleitung zum Moderanbau. Merkblatt für die Praxis, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 26, 8-14.

STROHEKER, S.; MARTIN, S.; SIEBER, T.; BUGMANN, H.; WEISS, M. (2014): Welche Faktoren bestimmen den Erfolg der Moderholzverjüngung im Fichtenurwald Scatlè? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 165: 339-347.

VACIK, H.; RUPRECHT, H.; STEINER, H.; FRANK, G. (2010): Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern – eine Studie zur natürlichen Regeneration in Naturwaldreservaten (ELENA); Endbericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

VAN STEIJN, H. (1996): Debris-flow magnitude-frequency relationships for mountainous regions of Central and Northwest Europe. Geomorphology, 15: 259-273.

WALTER, H.; LIETH, H. (1967): Klimadiagramm - Weltatlas. Gustav Fischer Verlag, Jena, Losebl.- Ausg.

WINTER, M. (2009): Protection efficiency and regeneration preconditions of norway spruce in the upper montane forest of the natural reserve Goldeck in Carinthia. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Abkürzungsverzeichnis

Baumarten

- BAh Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)
- Bi Birke (*Betula pendula*)
- Fi Fichte (*Picea abies*)
- GrEr Grünerle (*Alnus alnobetula*)
- Lä Lärche (*Larix decidua*)
- n.b. nicht bestimmbar
- SaWe Salweide (*Salix caprea*)
- Vb Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*)
- WEr Grauerle (*Alnus incana*)
- Zi Zirbe (*Pinus cembra*)

Abb.	Abbildung
BHD	Brusthöhendurchmesser
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
cm	Zentimeter
etc.	et cetera
H/D-Wert	Höhe zu Durchmesser Wert
ha	Hektar
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
mind.	mindestens
n	Anzahl
N_Best	Stammzahl Bestand
NaiS	Nachhaltigkeit im Schutzwald
NWR	Naturwaldreservat
Stp	Stichprobenunkt
Tab.	Tabelle
V_Best	Bestandesvorrat
V_TH	Totholzvolumen
v.a.	vor allem
Vfm	Vorratsfestmeter
vgl.	vergleiche
WZP	Winkelzählprobe
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: KARTE DER NWR IN ÖSTERREICH UND LAGE DES NWR LAASER BERG. (BFW, 2021 c), VERÄNDERT.	8
ABBILDUNG 2: ORTHOFOTO DES NWR LAASER BERG MIT DEN PROBEFLÄCHEN, SOWIE DEN VEGETATIONS-AUFNAHMEPUNKTEN. (VACIK ET AL., 2010)	10
ABBILDUNG 3: KLIMADIAGRAMM DES NWR LAASER BERG VON 1960-2009. (VACIK ET AL., 2010)	11
ABBILDUNG 4: GEOLOGISCHER AUFBAU DES TAUERNFENSTERS. (NATIONALPARK HOHE TAUERN, 2021)	12
ABBILDUNG 5: GEOLOGISCHE KARTE DES AUFNAHMEGEBIETES. DIE UNGEFÄHRE LAGE DES NWR LAASER BERG IST ROT UMRANDET. QUELLE: GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, WIEN (2021), VERÄNDERT.	13
ABBILDUNG 6: KARTE DER POTENTIELL NATÜRLICHEN WALDGESELLSCHAFTEN IM NWR LAASER BERG. (VACIK ET AL., 2010)	15
ABBILDUNG 7: PROBEFLÄCHENDESIGN NACH RUPRECHT UND VACIK (2009).	19
ABBILDUNG 8: BODENBEDECKUNG VON LIEGENDEM TOTHOLZ < 10 CM; A 3%, B 10%, C 20%, D 50%.	22
ABBILDUNG 9: HÖHENKURVEN FÜR DIE FICHTE (NACH PRODAN) UND DIE LÄRCHEN (NACH PETTERSON), DIE PUNKTE SIND DIE GEMESSENEN WERTE FÜR BÄUME OHNE WIPFELBRUCH.	24
ABBILDUNG 10: ANTEIL DER STICHPROBENPUNKTE IN DEN EXPOSITIONSKLASSEN IN PROZENT.	30
ABBILDUNG 11: ANTEIL DER STICHPROBENPUNKTE IN DEN HANGNEIGUNGSKLASSEN IN PROZENT.	31
ABBILDUNG 12: ANTEILE DER STICHPROBENPUNKTE AN DEN MESORELIEFFORMEN IM NWR IN PROZENT.	31
ABBILDUNG 13: ANTEIL DER VERJÜNGUNGSFLÄCHEN (N=104) IN DEN EXPOSITIONSKLASSEN IN PROZENT.	32
ABBILDUNG 14: ANTEILE DER VERJÜNGUNGSTEILFLÄCHEN (N=728) AN DEN NEIGUNGSKLASSEN IN PROZENT.	32
ABBILDUNG 15: PROZENTANTEIL DER BODENBEDECKUNG DER VERJÜNGUNGSTEILFLÄCHEN.	33
ABBILDUNG 16: BAUMARTENANTEILE IN PROZENT FÜR STAMMZAHL, GRUNDFLÄCHE UND VORRAT JE HEKTAR FÜR DIE BAUMARTEN IM BESTAND ≥1,3 M HÖHE.	34
ABBILDUNG 17: BHD-VERTEILUNG NACH BAUMARTEN UND INDIVIDUENZAHLEN (572 N/HA) DER LEBENDEN BAUMSCHICHT (≥1,30 M HÖHE).	35
ABBILDUNG 18: BAUMHÖHENVERTEILUNG NACH BAUMARTEN UND INDIVIDUENZAHLEN (572 N/HA) DER LEBENDEN BAUMSCHICHT (≥1,30 M HÖHE).	36
ABBILDUNG 19: VERTEILUNG VON INDIVIDUEN MIT WIPFEL- ODER SCHAFTBRÜCHEN (231 N/HA) NACH BAUMARTEN IM VERGLEICH ZUR GESAMTEN INDIVIDUENZAHLEN (572 N/HA).	36
ABBILDUNG 20: HÖHENVERTEILUNG FÜR FICHTE NACH INDIVIDUEN OHNE SCHADEN (285 N/HA) UND ANZAHL DER INDIVIDUEN MIT WIPFELBRUCH (192 N/HA) UND SCHAFTBRUCH (13 N/HA).	37
ABBILDUNG 21: BAUMARTENANTEILE IN PROZENT NACH INDIVIDUEN IN DEN EINZELNEN VERJÜNGUNGSKATEGORIEN.	39
ABBILDUNG 22: BAUMARTENVERTEILUNG NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIEN. LOGARITHMISCHE SKALA (INDIVIDUEN PRO HEKTAR).	40
ABBILDUNG 23: VERTEILUNG DER VITALITÄTSKLASSEN GETRENNT NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIEN.	41
ABBILDUNG 24: VITALITÄTSKLASSEN FÜR FICHTE GETRENNT NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIEN.	41
ABBILDUNG 25: VITALITÄTSKLASSEN FÜR LÄRCHEN UND ZIRBE GETRENNT NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIEN.	42
ABBILDUNG 26: SCHADENSTYPEN IN PROZENT FÜR DIE VERJÜNGUNG VON 15–129,9 CM HÖHE.	42
ABBILDUNG 27: VERBISSKLASSEN (VERBISS: INDIVIDUUM IST VERBISSEN; TT: TERMINALTRIEBVERBISS; ST: SEITENTRIEBVERBISS; TT+ST: TERMINAL- UND SEITENTRIEBVERBISS) FÜR VERJÜNGUNG VON 15-129,9 CM HÖHE.	43
ABBILDUNG 28: KLEINSTANDORTE DER BAUMINDIVIDUEN FÜR DIE VERJÜNGUNGSKATEGORIEN 15–29,9 CM UND 30–129,9 CM IN PROZENT.	43
ABBILDUNG 29: BOXPLOT DER TOTHOLZFLÄCHE. MINIMUM: 0; MAXIMUM: 32,16; MEDIAN: 8,85.	45
ABBILDUNG 30: ANZAHL DER INDIVIDUEN DER VERJÜNGUNGSKATEGORIEN 15-30 CM UND 30-130 CM VERTEILT ÜBER DIE HÖHENZUWACHSKLASSEN (N=1276). LÄRCHEN UND ZIRBE SIND IM TEILAUSSCHNITT RECHTS OBEN GESONDERT DARGESTELLT (N=10).	46
ABBILDUNG 31: VERTEILUNG DER TOTHOLZKATEGORIEN (BEDECKUNG DER BODENFLÄCHE IN PROZENT) FÜR DAS LIEGENDE TOTHOLZ UNTER 10 CM DURCHMESSER IN PROZENT.	47
ABBILDUNG 32: BAUMARTENVERTEILUNG IN PROZENT NACH INDIVIDUENANZAHL UND VOLUMEN DES LIEGENDEN UND STEHENDEN TOTHOLZES UND FÜR STÖCKE IN PROZENT.	48
ABBILDUNG 33: ZERSETZUNGSGRAD FÜR LIEGENDES UND STEHENDES TOTHOLZ SOWIE FÜR STÖCKE IN PROZENT.	49
ABBILDUNG 34: TODESZEITPUNKT FÜR LIEGENDES UND STEHENDES TOTHOLZ SOWIE FÜR STÖCKE IN PROZENT.	50
ABBILDUNG 35: TODESURSACHE FÜR LIEGENDES UND STEHENDES TOTHOLZ SOWIE FÜR STÖCKE IN PROZENT.	51
ABBILDUNG 36: ZUSTANDSTYP FÜR LIEGENDES UND STEHENDES TOTHOLZ SOWIE FÜR STÖCKE IN PROZENT.	52
ABBILDUNG 37: BHD-VERTEILUNG NACH BAUMARTEN UND INDIVIDUENZAHLEN FÜR DIE JAHRE 2008 (749 N/HA) UND 2021 (572 N/HA) DER LEBENDEN BAUMSCHICHT (≥ 1,30 M HÖHE).	56
ABBILDUNG 38: HÖHEVERTEILUNG NACH BAUMARTEN UND INDIVIDUENZAHLEN FÜR DIE JAHRE 2008 (749 N/HA) UND 2021 (572 N/HA) DER LEBENDEN BAUMSCHICHT (≥ 1,30 M HÖHE).	56
ABBILDUNG 39: BAUMARTENANTEILE NACH INDIVIDUEN IN DEN EINZELNEN KATEGORIEN FÜR DIE JAHRE 2008 UND 2021.	58

ABBILDUNG 40: VERTEILUNG DER TOTHOLZKATEGORIEN (BEDECKUNG DER BODENFLÄCHE IN PROZENT) FÜR DAS LIEGENDE TOTHOLZ UNTER 10 CM DURCHMESSER IN PROZENT FÜR DIE JAHRE 2008 UND 2021.	59
ABBILDUNG 41: ZERSETZUNGSGRAD FÜR LIEGENDES TOTHOLZ FÜR DIE JAHRE 2008 UND 2021.....	60
ABBILDUNG 42: ANTEILE DER TOTHOLZKATEGORIEN AM GESAMTEN TOTHOLZAUFKOMMEN FÜR DIE JAHRE 2008 UND 2021.	61
ABBILDUNG 43: VERTEILUNG DER MITTLEREN PUNKTZAHL DER STICHPROBENPUNKTE FÜR DIE JAHRE 2021, 2031 UND 2071.....	63
ABBILDUNG 44: MITTLERE PUNKTZAHL DER EINZELNEN BEWERTUNGSPARAMETER FÜR DIE JAHRE 2021, 2031 UND 2071.	63
ABBILDUNG 45: BESTANDESPHASEN EINES WALDES, WIRTSCHAFTSWALD WIRD ÜBLICHERWEISE IN DER OPTIMALPHASE GEERNTET. (SCHERZINGER, 1996).....	65
ABBILDUNG 46: FICHTENVERJÜNGUNG AUF TOTHOLZ IM NWR LAASER BERG.	70
ABBILDUNG 47: BEISPIELBILDER FÜR DIE TOTHOLZSITUATION IM NWR LAASER BERG.	71
ABBILDUNG I: HÖHENVERTEILUNG FÜR LÄRCH, ZIRBE UND SALWEIDE NACH INDIVIDUEN OHNE SCHADEN ($L\ddot{a} = 50 \text{ N/HA}$; $Z_i = 5$ N/HA ; $SAWe = 1 \text{ N/HA}$) UND ANZAHL DER INDIVIDUEN MIT WIPFELBRUCH ($L\ddot{a} = 23 \text{ N/HA}$; $Z_i = 3 \text{ N/HA}$; $SAWe = 0 \text{ N/HA}$)..XI	

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: DURCHSCHNITTLICHE JAHRESMITTELPEREMPERATUR UND DURCHSCHNITTLICHER JAHRESNIEDERSCHLAG FÜR DEN ZEITRAUM 1960-2009 FÜR DAS NWR LAASER BERG (VACIK ET AL., 2010).	11
TABELLE 2: ZUSTANDSTYP TOTHOLZ; NACH ELENA AUFNAHMEMANUAL	20
TABELLE 3: ZERSETZUNGSGRAD TOTHOLZ; NACH ELENA AUFNAHMEMANUAL	20
TABELLE 4: ENTRINDUNGSGRAD TOTHOLZ; NACH ELENA AUFNAHMEMANUAL	21
TABELLE 5: TODESURSACHE TOTHOLZ; NACH ELENA AUFNAHMEMANUAL	21
TABELLE 6: KOEFFIZIENTEN FÜR DIE HÖHENKURVENFUNKTIONEN NACH PRODAN (FÜR FICHTE) UND PETTERSON (FÜR LÄRCHEN).	23
TABELLE 7: KOEFFIZIENTEN ZUR BERECHNUNG DER FORMZAHL NACH POLLANSCHÜTZ (1974) FÜR DIE VERSCHIEDENEN BAUMARTEN.	24
TABELLE 8: AUFNAHMEFLÄCHE UND BLOW-UP-FAKTOR PRO STICHPROBENPUNKT FÜR DIE VIER VERJÜNGUNGSKATEGORIEN.	25
TABELLE 9: KOEFFIZIENTEN ZUR BERECHNUNG DER FORMZAHLEN NACH POLLANSCHÜTZ (1974) - FÜR BÄUME MIT EINEM BHD $\geq 10,5$ CM - UND NACH SCHIELER (1988) - FÜR BÄUME MIT EINEM BHD VON 5-10,5 CM.	26
TABELLE 10: MINIMALANFORDERUNGEN FÜR DAS LARICI-PICEETUM TYPICUM NACH FREHNER ET AL (2005).	27
TABELLE 11: EINTEILUNG DER ERFÜLLUNG DER SCHUTZFUNKTION ANHAND DES MITTELWERTS.	27
TABELLE 12: ANFORDERUNGEN FÜR DEN LAWINENSCHUTZ, SOWIE DAS PUNKTESCHEMA ZUR BEURTEILUNG DER JEWEILIGEN KRITERIEN.	28
TABELLE 13: ANFORDERUNGEN FÜR DEN STEINSCHLAGSCHUTZ, SOWIE DAS PUNKTESCHEMA ZUR BEURTEILUNG DER JEWEILIGEN KRITERIEN.	28
TABELLE 14: ANFORDERUNGEN AN DIE VERSCHIEDENEN STEINGRÖßEN NACH FREHNER ET AL (2005).	28
TABELLE 15: EINTEILUNG DER GEMITTELTEN PUNKTWERTE IN SCHUTZFUNKTIONSKLASSEN.	29
TABELLE 16: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER STAMMZAHL, GRUNDFLÄCHE UND DES VORRATS DER LEBENDEN BAUMSCHICHT ($\geq 1,30$ M HÖHE) FÜR DAS NWR LAASER BERG GETRENNT NACH BAUMARTEN.	33
TABELLE 17: H/D-WERTE IN PROZENT NACH BAUMARTEN.	37
TABELLE 18: KRONENPROZENT IN PROZENT NACH BAUMARTEN.	38
TABELLE 19: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG FÜR DEN VORRAT IM NWR LAASER BERG FÜR DIE STICHPROBENPUNKTE 1-6. (ERHEBUNGSVERFAHREN WINKELZÄHLPROBE BZW. FIXER PROBEKREIS; PROBEFLÄCHENANZAHL = 6)	38
TABELLE 20: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER VERJÜNGUNGSZAHLEN PRO HEKTAR NACH KATEGORIEN.	39
TABELLE 21: VORKOMMEN VON NATURVERJÜNGUNG AUF DEN STICHPROBENPUNKTEN IN PROZENT GETRENNT NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIE UND AUFNAHMEORT BZW. ANTEIL DER STICHPROBENPUNKTE AN DENEN KEINE VERJÜNGUNG AUFGEFUNDEN WORDEN IST.	44
TABELLE 22: ANTEILE DER VERJÜNGUNG IN PROZENT FÜR DIE AUFNAHMEORTE "TEILFLÄCHE" UND "TOTHOLZ".	45
TABELLE 23: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER STAMMZAHL UND DES VOLUMENS DES TOTHOLZES NACH TOTHOLZKATEGORIEN.	46
TABELLE 24: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DES VOLUMENS VON TOTHOLZ UND DER LEBENDEN BAUMSCHICHT ($\geq 1,3$ M HÖHE), SOWIE DIE PROZENTVERTEILUNG DER EINZELNEN TOTHOLZKATEGORIEN UND DER TOTHOLZANTEIL AM BESTANDESVOLUMEN NACH BAUMARTEN GETRENNT.	53
TABELLE 25: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER STAMMZAHL FÜR DIE AUFNAHMEJAHRE 2008 UND 2021 SOWIE DER DIFFERENZ ZWISCHEN DEN JAHREN NACH BAUMARTEN GETRENNT.	54
TABELLE 26: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER GRUNDFLÄCHE FÜR DIE AUFNAHMEJAHRE 2008 UND 2021 SOWIE DER DIFFERENZ ZWISCHEN DEN JAHREN NACH BAUMARTEN GETRENNT.	54
TABELLE 27: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DES VORRATS FÜR DIE AUFNAHMEJAHRE 2008 UND 2021, SOWIE DER DIFFERENZ ZWISCHEN DEN JAHREN NACH BAUMARTEN GETRENNT.	55
TABELLE 28: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG FÜR DEN VORRAT IM NWR LAASER BERG FÜR DIE JAHRE 1998, 2008 UND 2021, SOWIE DIE DIFFERENZ IM VERGLEICH ZU 2021. (ERHEBUNGSVERFAHREN WINKELZÄHLPROBE; PROBEFLÄCHENANZAHL = 6)	57
TABELLE 29: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER VERJÜNGUNGSZAHLEN PRO HEKTAR NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIEN UND ERHEBUNGSJAHR, SOWIE DIE DIFFERENZ ZWISCHEN DEN ERHEBUNGEN.	57
TABELLE 30: MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER STAMMZAHL UND DES VOLUMENS DES TOTHOLZES NACH TOTHOLZKATEGORIEN UND ERHEBUNGSJAHR, SOWIE DER DIFFERENZ ZWISCHEN DEN ERHEBUNGSJAHREN.	59
TABELLE 31: MITTELWERT DES VOLUMENS VON TOTHOLZ UND DER LEBENDEN BAUMSCHICHT ($\geq 1,30$ M HÖHE), SOWIE DER TOTHOLZANTEIL AM BESTANDESVOLUMEN GETRENNT NACH BAUMARTEN UND ERHEBUNGSJAHR.	60
TABELLE 32: SCHUTZWIRKUNG GEGENÜBER LAWINEN IM NWR LAASER BERG IN PROZENT.	64
TABELLE 33: SCHUTZWIRKUNG GEGENÜBER STEINSCHLAG FÜR DIE VERSCHIEDENEN STEINGRÖßEN IN PROZENT.	64
TABELLE 34: KURZBESCHREIBUNG DER VERGLEICHRESERVATE (VACIK ET AL., 2010).	66
TABELLE 35: BESTANDESDATEN DER VERGLEICHRESERVATE (VACIK ET AL., 2010).	67
TABELLE 36: GESAMTVERJÜNGUNGSZAHLEN FÜR DIE EINZELNEN BAUMARTEN.	68

TABELLE 37: MITTLERE VERJÜNGUNGSZAHLEN PRO HEKTAR GETRENNT NACH VERJÜNGUNGSKATEGORIE, SOWIE HÖHENSTUFE.....	69
TABELLE I: CHARAKTERISIERUNG DER VITALITÄT FÜR NATURVERJÜNGUNG.....	I
TABELLE II: CODES FÜR DAS LOKALKLIMA.....	II
TABELLE III: BESCHREIBUNG DER VERJÜNGUNGHEMMNISSE.....	III
TABELLE IV: BAUMARTENCODS SOWIE DEUTSCHE UND LATEINISCHE BEZEICHNUNG.....	V
TABELLE V: ERGEBNISSE FÜR DIE EINZELNEN STICHPROBENPUNKTE SOWIE DIE PUNKTKOORDINATEN.....	VI
TABELLE VI: ERFÜLLUNG DER SCHUTZFUNKTION AUFGRUND DES STANDORTES FÜR DAS JAHR 2021, AUFGEGLIEDERT NACH STICHPROBENPUNKT UND NAI-S-PARAMETER.....	VII
TABELLE VII: ERFÜLLUNG DER SCHUTZFUNKTION AUFGRUND DES STANDORTES FÜR DAS JAHR 2031, AUFGEGLIEDERT NACH STICHPROBENPUNKT UND NAI-S-PARAMETER.....	VIII
TABELLE VIII: ERFÜLLUNG DER SCHUTZFUNKTION AUFGRUND DES STANDORTES FÜR DAS JAHR 2071, AUFGEGLIEDERT NACH STICHPROBENPUNKT UND NAI-S-PARAMETER.....	IX
TABELLE IX: TOTHOZFLÄCHE UND SPEZIFISCHER BLOW-UP FAKTOR FÜR VERJÜNGUNG AUF TOTHOZ FÜR JEDEN STICHPROBENPUNKT.	X
TABELLE X: H/D-WERTE IN PROZENT NACH BAUMARTEN FÜR UNGESCHÄDIGTE INDIVIDUEN.....	XI
TABELLE XI: KRONENPROZENT NACH BAUMARTEN FÜR UNGESCHÄDIGTE INDIVIDUEN.....	XI

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Wien, am 19.01.2022

Johannes Huber

Anhang A – Methoden

Merkmale der Verjüngungsansprache

- Baumart
bei mehrjährigen Sträuchern wird nach dem Code auch die Zahl der Stämme geschrieben (z.B. Lat 7 für Latsche mit sieben Stämmen)
- Wurzelhalsdurchmesser [mm]
messen des Durchmessers an der Bodenaustrittsstelle
- Baumhöhe [cm]
bei mehrstämmigen Sträuchern die mittlere Baumhöhe
- Höhenzuwachs am Terminaltrieb [mm]
Terminaltrieblänge der letzten 5 Jahre
- Vitalität

Tabelle 1: Charakterisierung der Vitalität für Naturverjüngung.

Vitalität	Charakterisierung Nadelholz	Charakterisierung Laubholz
1 (sehr gut)	Farbe der Nadeln intensiv grün, gute, dichte Benadelung	Sehr gute Knospenausbildung, hohe Menge an alter/neuer Blattmasse, hohe Trieblänge vorangegangener Jahre
2 (mittel)	Nadeln stellenweise fahlgrün, Nadeln weniger dicht	Knospenausbildung sowie Menge an alter/neuer Blattmasse ausreichend, mittlere Trieblänge
3 (schlecht)	Nadelfarbe fahlgrün bis gelblich, Nadeln wenig dicht bzw. schütter	Geringe Knospenausbildung, geringe Menge an alter/neuer Blattmasse, sehr kleine Trieblänge vorangegangener Jahre

- Verbiss
Terminaltriebverbiss [ja/nein]
Seitentriebverbiss [ja/nein] und Prozentanteil der verbissenen Seitentriebe
- Schadmerkmale
 1. unbekannt
 2. Konkurrenz durch krautige Vegetation
 3. Konkurrenz durch Sträucher
 4. interspezifische Konkurrenz der Verjüngung
 5. intraspezifische Konkurrenz
 6. Trockenheit
 7. Frost
 8. Hagel, Platzregen
 9. Schnee
 10. Erosion
 11. Pilze
 12. Insekten, Milben
 13. Schnecken
 14. Kleintiere
 15. Mäuseverbiss
 16. Hasenverbiss
 17. Schalenwildverbiss
 18. Fegeschaden
 19. Schältschaden

- **Schädigungsgrad**
 1. gering, ohne Einfluss auf Wachstum und Vitalität
 2. mittel, wahrscheinlicher Einfluss auf Wachstum und Vitalität
 3. schwer, wahrscheinlich starker Einfluss auf Wachstum und Vitalität
 4. letal, unmittelbar tödlicher Einfluss
- **Kleinstandort**
 1. keine Besonderheiten
 2. ehemaliges Totholz
 3. erhöhter Standort
 4. im Traufbereich
 6. neben Totholz (liegend und stehend)
 7. neben anstehendem Fels
 8. neben Wurzelteller
 9. Sonstige Besonderheiten des Kleinstandortes

Ansprache der Verjüngungsflächen

Pro Verjüngungsfläche (10, 20, 30, 40)

- Exposition [Gon]
- Bodentyp
- Bodenart
- Bodengründigkeit
- Lagerungsdichte
- Skelettanteil
- Bodenhydrologie
- Bodenfeuchte

Pro Verjüngsteilfläche (11, 12, 13, ..., 47 bzw. a1, b1, ... q4, r4)

- Neigung [%]
- Lokalklima

Klimatische Besonderheiten, welche nicht über das Mikro- und Mesorelief hinausgehen, werden berücksichtigt. Vor allem, wenn das Lokalklima Einfluss auf den Pflanzenbestand hat.

Tabelle II: Codes für das Lokalklima.

Code	Bezeichnung
0	Keine Angabe
1	Kaltluft
2	Wärmebetont
3	Luftfeucht
4	Lufttrocken
5	Frostlage
6	Windexponiert
7	Schneeakkumulation

- Verjüngungshemmnisse

Tabelle III: Beschreibung der Verjüngungshemmnisse.

Verjüngungshemmnisse	Hintergrund
1	keine Verjüngungshemmnisse erkennbar
2	Lichthaushalt: dichte Altholzbestände erlauben möglicherweise nicht ausreichende Fruktifikationsmöglichkeiten oder geringe Keimung. Lichtbaumarten sind besonders betroffen, Schattbaumarten haben eine größere Toleranz
3	Wasserhaushalt: Die Keimbedingungen können aufgrund von Wassermangel (Trocknis) oder Luftmangel (Nässe), Temperaturextremen (z.B. sehr seichtgründige Standorte südseitig mit Moderauflage, meist in Kombination mit Austrocknung/Überhitzung der Humusauflage); Bodennässe (Staunässe, oft in Kombination mit „kalten“ Böden) ungünstig sein
4	Humusauflage/Rohboden: Das Keimbett kann sich aufgrund z.B. Austrocknung/Überhitzung von Moder auf Südhängen; Auflagehumus für Rohbodenkeimer (Lärche, Kiefer); Rohboden für Humuskeimer (bes. Zirbe) ungünstig auf die Keimung auswirken
5	Bodenerosion/Steinschlag: Die Keimbedingungen können aufgrund von Substratverlust durch Erosion oder Hangrutschungen ungünstig sein
6	Schnees Schub/Schneedruck: Der Bruch von Stämmchen durch Schneedruck bzw. Entwurzelung durch Schnees Schub (Säbelwuchs ist kein Verjüngungshemmnis) kann Verjüngung hemmen
7	Schneeanhäufung: Durch die Anhäufung von Schnee (z.B. Akkumulationslagen) kann die Keimung verhindert werden (kürzere Vegetationszeit) und Pathogene verstärkt auftreten (z.B. Schneeschimmel)
8.1	Verkrautung/Vergrasung: Verdämmung und Nährstoffkonkurrenz durch Hochstauden bzw. dichte Grasnarbe bei einer Deckung > 75 % kann Keimung und Wachstum verhindern
8.2	Wurzelfilz: Bei sehr starkem Wurzelfilz ist kaum eine Keimung möglich
9	Schalenwildverbiss: Trieb mehr oder weniger gequetscht, fasrig abgebissen, möglicherweise in der Umgebung des Traktes auffällig viel Schäden durch Schalenwild zu beobachten
10	Hasen-/Nagerverbiss: Trieb glatt abgebissen, scharfkantig mit schrägem Bissverlauf (ca. 45°), inkl. Mäuse, Hasen- und Siebenschläfer-Schäle
11	Weideeinfluss: Darunter fallen Schäden durch Vertritt, Schälen oder Bodenverdichtung
12	Pilze oder Insekten: Rostpilz, Nadelrost, Schneeschimmel, Triebsterben, Hallimasch, Tannentrieblaus, Rüsselkäfer, Sirococcus, etc.
13	Anthropogener Einfluss: Rindenverletzungen, Abschneiden von Ästen, Wipfel oder Stämmchen
14	Frostschäden: Frosttrocknis, Knospen oder Maitriebnadeln braun verfärbt, trocken und nach unten gekrümmt

- Mittlere Höhe der Bodenvegetation (MHB) [cm]
- Bodenbedeckung [%]
 - Die Bodenbedeckung wird senkrecht auf den Boden projiziert und ergibt zusammen 100%. Wenn die Gefäßpflanzen <1,3m Höhe andere Klassen überschirmen kann sie auch größer sein.
 - Folgende Klassen werden differenziert

1. Gefäßpflanzen < 1,3 m Höhe	6. Lebendholz
2. Moose	7. Streu
3. Flechten	8. Offener Boden
4. Totholz > 10cm	9. Schutt
5. Astmaterial (Lebend und tot)	10. Fels

Baumartencodes

Tabelle IV: Baumartencodes sowie deutsche und lateinische Bezeichnung.

Code	Name (Deutsch)	Name (Latein)	Code	Name (Deutsch)	Name (Latein)
Fi	Rotfichte	Picea abies	MWe	Mandelweide	Salix triandra
Ta	Weißtanne	Abies alba	KWe	Korbweide	Salix viminalis
Kief	Kiefern/Föhren allg.	Pinus sp.	Vb	Vogelbeere, Eberesche	Sorbus aucuparia
RKi	Rotkiefer	Pinus sylvestris	Mb	Mehlbeere	Sorbus aria
SKi	Schwarzkiefer	Pinus nigra	Els	Elsbeere	Sorbus torminalis
Zi	Zirbe	Pinus cembra	Spei	Speierling	Sorbus domestica
Lat	Latsche	Pinus mugo	VKi	Vogelkirsche	Prunus avium
Spi	Spirke	Pinus uncinata	TKi	Traubenkirsche	Prunus padus
MSpi	Moorspirke	Pinus rotundata	STKi	Späte Traubenkirsche	Prunus serotina
Lä	Lärche	Larix decidua	FKi	Felsenkirsche, Steinweichsel	Prunus mahaleb
Eib	Eibe	Taxus baccata	SaKi	Sauerkirsche, Weichsel	Prunus cerasus
NHEx	Sonstige Nadelholz-Exoten		HApf	Holzapfel	Malus sylvestris
Bu	Rotbuche	Fagus sylvatica	HBir	Holzbirne	Pyrus pyraeaster
HaBu	Hainbuche	Carpinus betulus	WNU	Walnuß	Juglans regia
HoBu	Hopfenbuche	Ostrya carpinifolia	SNU	Schwarznuß	Juglans nigra
StEi	Stieleiche	Quercus robur	BHa	Baumhasel	Corylus colurna
TrEi	Traubeneiche	Quercus petraea	LHEx	Sonstige Laubholz-Exoten	
ZEi	Zerreiche	Quercus cerris	RKa	Roßkastanie	Aesculus hippocastanum
FIEi	Flaumeiche	Quercus pubescens	EKa	Edelkastanie	Castanea sativa
WLi	Winterlinde	Tilia cordata	GPI	Gewöhnliche Platane	Platanus hybrida
SLi	Sommerlinde	Tilia platyphyllos	Faul	Faulbaum	Frangula alnus
Bah	Bergahorn	Acer pseudoplatanus	Has	Haselnuß	Corylus avellana
Sah	Spitzahorn	Acer platanoides	SHol	Schwarzer Holler	Sambucus nigra
FAh	Feldahorn	Acer campestre	RHol	Roter Holunder	Sambucus racemosa
BUI	Bergulme	Ulmus glabra	Wach	Wacholder	Juniperus communis
FIUI	Flatterulme	Ulmus laevis	EiWD	Eingriffeliger Weißdorn	Crataegus monogyna
FeUI	Feldulme	Ulmus minor	ZwWD	Zweigriffeliger Weißdorn	Crataegus laevigata
Es	Gemeine Esche	Fraxinus excelsior	PKr	Purgier-Kreuzdorn	Rhamnus cathartica
BIEs	Blumen-, Mannaesche	Fraxinus ornus	FKr	Felsen-Kreuzdorn	Rhamnus saxatilis
QEs	Quirlsche	Fraxinus angustifolia	WSch	Wolliger Schneeball	Viburnum lantana
As	Aspe, Zitterpappel	Populus tremula	GSch	Gemeiner Schneeball	Viburnum opulus
SPa	Schwarzpappel	Populus nigra	RHar	Roter Hartriegel	Cornus sanguinea
SiPa	Silberpappel	Populus alba	FBI	Felsenbirne	Amelanchier ovalis
GrPa	Graupappel	Populus x canescens			
Wer	Weiß-, Grauerle	Alnus incana			
SEr	Schwarzerle	Alnus glutinosa			
GrEr	Grünerle	Alnus alnobetula			
HBi	Hängebirke	Betula pendula			
MBi	Moor-, Flaumbirke	Betula pubescens			
SaWe	Salweide	Salix caprea			
GWe	Großblättrige Weide	Salix appendiculata			
SiWe	Silberweide	Salix alba			
BWe	Bruchweide	Salix fragilis			
LWe	Lavendelweide	Salix eleagnos			
PWe	Purpurweide	Salix purpurea			
OWe	Ohrweide	Salix aurita			
GrWe	Grauweide	Salix cinerea			
RWe	Reifweide	Salix daphnoides			
ScWe	Schwarzweide	Salix myrsinifolia			
HWe	Hohe Weide	Salix rubens			

Anhang B – Ergebnisse

Tabelle V: Ergebnisse für die einzelnen Stichprobenpunkte sowie die Punktkoordinaten.

St p	Breiten- grad	Längen- grad	Seehöhe [m ü NN]	Neigung [%]	Expo- sition	Deckungs- grad B1 [%]	N_Best. [n/ha]	V_Best. [m³/ha]	V_TH [m³/ha]
1	46.965134	13.077599	1534	70	W	60	500	652,9	75,3
2	46.966133	13.077577	1564	75	WNW	80	467	1036,3	198,8
3	46.966021	13.078966	1685	66	WSW	60	467	499,4	31,6
4	46.965853	13.080186	1721	70	WSW	50	367	609,0	233,0
5	46.961518	13.084393	1623	80	S	40	967	239,8	165,6
6	46.962455	13.084448	1682	70	S	50	834	410,9	118,3
7	46.965198	13.078833	1640	70	SW	40	167	239,3	120,9
8	46.965171	13.080169	1703	50	SSW	35	534	525,8	74,3
9	46.962058	13.083950	1633	70	SSW	70	567	312,3	71,9
10	46.962978	13.083347	1689	45	SSO	60	867	400,5	91,4
11	46.963752	13.082596	1711	20	WSW	30	167	221,3	1,0
12	46.964618	13.081821	1666	70	SW	50	634	405,3	38,6
13	46.965743	13.081607	1768	55	S	50	567	703,5	217,9
14	46.964876	13.082610	1736	60	S	50	600	178,5	26,7
15	46.965770	13.082525	1780	60	SSW	30	800	244,6	68,8
16	46.964877	13.083851	1771	60	SSW	50	434	491,5	155,4
17	46.963862	13.083909	1747	50	SSW	50	400	407,3	41,8
18	46.963858	13.085382	1776	50	SSW	60	600	343,7	91,7
19	46.963752	13.086536	1812	45	SSW	70	867	476,6	266,0
20	46.963753	13.088051	1827	40	S	60	1201	561,9	0,6
21	46.963045	13.084700	1717	55	SSO	40	367	317,2	102,5
22	46.964101	13.081306	1651	70	SW	50	467	313,2	22,9
23	46.963096	13.080778	1630	65	SSW	60	667	513,9	38,8
24	46.963201	13.082468	1693	60	SSW	40	600	165,5	27,7
25	46.961586	13.083681	1597	60	S	70	467	605,1	169,0
26	46.964469	13.077320	1555	70	WSW	25	300	329,0	50,8

Tabelle VI: Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes für das Jahr 2021, aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Parameter.

Stp.Nr.	Baumarten- mischung	BHD Streuung	Horizontal- gefüge	Stabilität Kronen	Stabilität Verankerung	Verjüngung Keimbett	Verjüngung Anwuchs	Verjüngung Aufwuchs	Mittelwert	Standard- abweichung
LB_1	2	2	0	2	2	-2	1	-1	0,8	1,6
LB_2	3	3	1	-3	3	-3	-3	-3	-0,3	3,0
LB_3	3	2	1	-1	2	-3	-3	-1	0,0	2,3
LB_4	2	1	1	-2	-1	-1	0	-3	-0,4	1,7
LB_5	3	2	2	-2	-3	2	2	3	1,1	2,3
LB_6	3	2	3	-2	-2	-1	-3	1	0,1	2,4
LB_7	2	-3	-1	1	3	1	1	0	0,5	1,9
LB_8	3	-1	1	2	0	-1	-3	1	0,3	1,9
LB_9	3	-1	1	0	1	1	0	3	1,0	1,4
LB_10	3	0	1	-1	-2	0	-1	3	0,4	1,8
LB_11	3	0	2	2	3	-3	0	0	0,9	2,0
LB_12	3	1	1	-1	2	1	-2	0	0,6	1,6
LB_13	2	2	2	-2	-2	2	-2	1	0,4	2,0
LB_14	3	2	2	1	0	-1	1	3	1,4	1,4
LB_15	3	3	2	1	2	-1	1	3	1,8	1,4
LB_16	3	1	1	0	1	-1	-3	-3	-0,1	2,1
LB_17	3	0	2	2	2	-2	-2	2	0,9	2,0
LB_18	3	3	0	1	2	0	-1	2	1,3	1,5
LB_19	3	1	3	-3	-1	0	-3	-1	-0,1	2,4
LB_20	3	3	3	1	3	-3	-2	3	1,4	2,5
LB_21	3	-1	0	-1	2	-1	-2	-2	-0,3	1,8
LB_22	3	1	0	0	2	-1	2	3	1,3	1,5
LB_23	3	0	1	-3	3	0	1	-1	0,5	2,0
LB_24	3	2	2	2	3	1	-1	3	1,9	1,4
LB_25	3	2	0	1	1	1	-3	-1	0,5	1,9
LB_26	3	1	0	2	2	1	0	3	1,5	1,2
Mittelwert	2,8	1,1	1,2	-0,1	1,1	-0,5	-1,0	0,7	0,7	0,7
Sd	0,4	1,5	1,1	1,8	1,9	1,5	1,7	2,1		

Tabelle VII: Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes für das Jahr 2031, aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Parameter.

Stp.Nr.	Baumarten- mischung	BHD Streuung	Horizontal- gefüge	Stabilität Kronen	Stabilität Verankerung	Verjüngung Keimbett	Verjüngung Anwuchs	Verjüngung Aufwuchs	Mittelwert	Standard- abweichung
LB_1	3	2	1	2	2	-2	1	-1	1,0	1,7
LB_2	3	3	1	-3	3	-3	-3	-3	-0,3	3,0
LB_3	3	2	1	-1	2	-3	-3	-1	0,0	2,3
LB_4	2	0	1	-2	-1	-1	0	-2	-0,4	1,4
LB_5	3	2	2	-1	-2	2	2	3	1,4	1,8
LB_6	3	2	3	-2	-2	-1	-1	0	0,3	2,1
LB_7	2	-2	0	0	3	1	1	0	0,6	1,5
LB_8	3	0	1	2	0	-1	-2	1	0,5	1,6
LB_9	3	0	1	0	1	1	1	3	1,3	1,2
LB_10	3	1	2	-2	-2	0	-1	2	0,4	1,9
LB_11	3	0	2	2	3	-3	-1	0	0,8	2,1
LB_12	3	1	1	-1	2	1	-1	0	0,8	1,4
LB_13	2	2	2	-2	-2	2	-1	1	0,5	1,9
LB_14	3	2	2	0	1	-1	1	3	1,4	1,4
LB_15	3	3	2	1	2	-1	1	3	1,8	1,4
LB_16	3	0	1	0	1	-1	-3	-3	-0,3	2,1
LB_17	3	0	2	2	2	-2	-2	1	0,8	1,9
LB_18	3	3	1	1	2	0	-1	2	1,4	1,4
LB_19	3	1	3	-3	-1	0	-3	-1	-0,1	2,4
LB_20	3	3	3	1	3	-3	-2	2	1,3	2,4
LB_21	3	-1	0	-1	2	-3	-2	-2	-0,5	2,1
LB_22	3	2	1	0	2	-1	1	3	1,4	1,4
LB_23	3	-1	1	-3	3	0	1	-1	0,4	2,1
LB_24	3	2	2	2	3	1	-1	2	1,8	1,3
LB_25	3	2	0	1	1	1	-2	-1	0,6	1,6
LB_26	3	1	1	2	2	1	0	3	1,6	1,1
Mittelwert	2,9	1,2	1,4	-0,2	1,2	-0,6	-0,8	0,5	0,7	0,7
Sd	0,3	1,4	0,9	1,7	1,8	1,6	1,5	2,0		

Tabelle VIII: Erfüllung der Schutzfunktion aufgrund des Standortes für das Jahr 2071, aufgegliedert nach Stichprobenpunkt und NaiS-Parameter.

Stp.Nr.	Baumarten- mischung	BHD Streuung	Horizontal- gefüge	Stabilität Kronen	Stabilität Verankerung	Verjüngung Keimbett	Verjüngung Anwuchs	Verjüngung Aufwuchs	Mittelwert	Standard- abweichung
LB_1	3	2	1	2	2	-2	1	-1	1,0	1,7
LB_2	3	2	1	-3	3	-2	-3	-3	-0,3	2,8
LB_3	3	1	1	-1	2	-2	-3	-2	-0,1	2,2
LB_4	2	-1	1	-3	-2	-1	0	-2	-0,8	1,7
LB_5	3	3	2	-1	-2	2	2	2	1,4	1,8
LB_6	3	3	3	-2	-2	0	-1	0	0,5	2,2
LB_7	2	-1	0	0	3	1	1	0	0,8	1,3
LB_8	3	0	1	2	0	-1	-2	0	0,4	1,6
LB_9	3	1	2	1	2	1	1	2	1,6	0,7
LB_10	3	2	2	0	-2	0	0	2	0,9	1,6
LB_11	3	0	2	1	3	-3	-1	0	0,6	2,1
LB_12	3	1	1	-1	2	1	-1	-1	0,6	1,5
LB_13	3	2	2	-2	-2	2	0	0	0,6	1,9
LB_14	3	3	3	0	1	-1	1	2	1,5	1,5
LB_15	3	3	2	2	3	0	1	2	2,0	1,1
LB_16	3	-1	1	1	1	0	-2	-3	0,0	1,9
LB_17	3	1	2	2	2	-2	-2	1	0,9	1,9
LB_18	3	3	1	0	2	0	-1	1	1,1	1,5
LB_19	3	1	3	-3	-1	0	-2	-2	-0,1	2,3
LB_20	3	3	3	2	3	-3	-2	2	1,4	2,4
LB_21	3	-1	1	-1	1	-2	-2	-2	-0,4	1,8
LB_22	3	3	1	1	2	-1	0	2	1,4	1,4
LB_23	3	-1	1	-3	2	0	0	-1	0,1	1,9
LB_24	3	3	2	2	3	1	-1	2	1,9	1,4
LB_25	3	1	1	2	1	1	-2	-2	0,6	1,8
LB_26	3	2	1	2	2	1	0	2	1,6	0,9
Mittelwert	2,9	1,3	1,6	0,0	1,1	-0,4	-0,7	0,0	0,7	0,7
Sd	0,3	1,5	0,8	1,8	1,8	1,4	1,4	1,8		

Tabelle IX: Totholzfläche und spezifischer Blow-up Faktor für Verjüngung auf Totholz für jeden Stichprobenpunkt.

Stp.Nr.	Totholzfläche [m²]	Blow-up Faktor
1	3,2	3122,1
2	8,8	1136,4
3	6,2	1620,9
4	23,9	418,5
5	22,8	438,1
6	17,4	573,8
7	3,8	2618,0
8	11,5	868,4
9	8,9	1124,2
10	12,6	790,9
11	0,1	132491,1
12	7,6	1323,2
13	27,1	368,5
14	6,8	1472,0
15	9,5	1047,9
16	13,6	735,7
17	8,2	1212,9
18	11,1	900,3
19	32,2	310,9
20	0,0	0,0
21	16,2	618,8
22	4,7	2130,0
23	7,3	1371,0
24	4,3	2320,6
25	20,8	481,0
26	5,6	1796,1

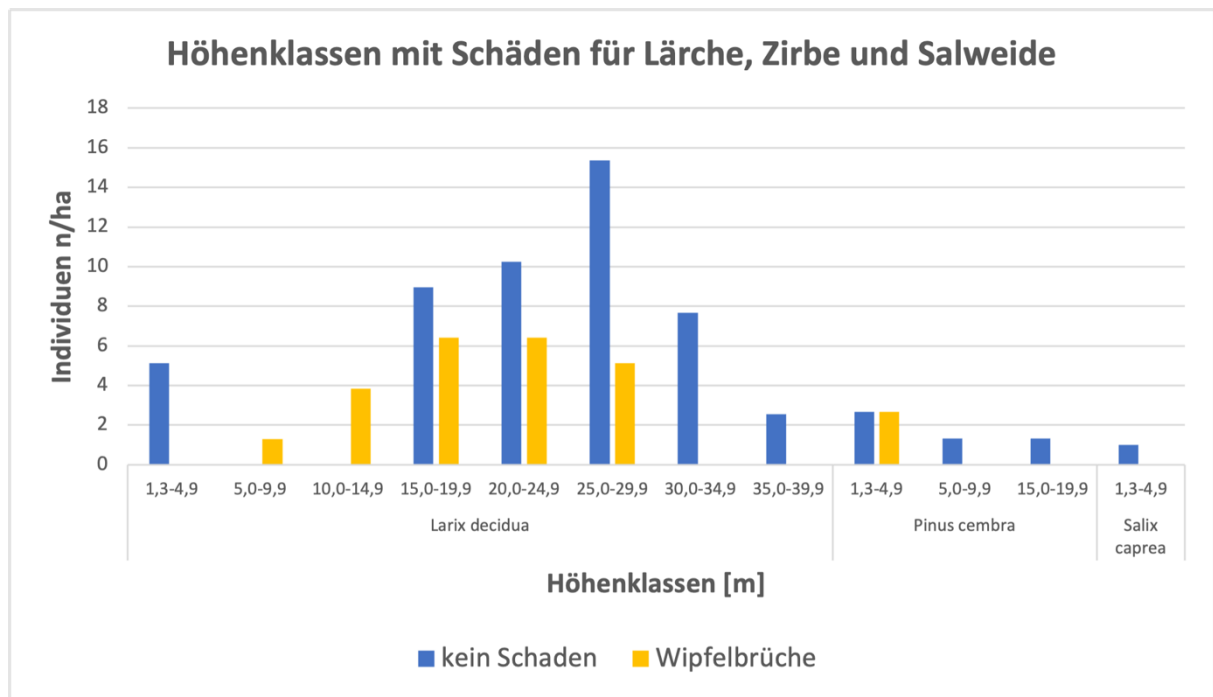


Abbildung I: Höhenverteilung für Lärche, Zirbe und Salweide nach Individuen ohne Schaden (Lä = 50 n/ha; Zi = 5 n/ha; SaWe = 1 n/ha) und Anzahl der Individuen mit Wipfelbruch (Lä = 23 n/ha; Zi = 3 n/ha; SaWe = 0 n/ha).

Tabelle X: H/D-Werte in Prozent nach Baumarten für ungeschädigte Individuen.

Baumart	H/D-Wert unbeschädigte Individuen					
	<60	60-79,9	80-99,9	100-119,9	120-139,9	>139
Fichte	55,4%	32,4%	7,2%	0,9%	0,9%	3,2%
Lärche	53,8%	30,8%	5,1%	5,1%	5,1%	0,0%
Zirbe	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Salweide	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Σ	54,9%	32,7%	6,8%	1,5%	1,5%	2,6%

Tabelle XI: Kronenprozent nach Baumarten für ungeschädigte Individuen.

Baumart	Kronenprozent unbeschädigte Individuen			
	<25%	25-49,9%	50-74,9%	75-100%
Fichte	5,4%	26,1%	44,1%	24,3%
Lärche	12,8%	43,6%	35,9%	7,7%
Zirbe	0,0%	0,0%	25,0%	75,0%
Salweide	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Σ	6,4%	28,2%	42,9%	22,6%