



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Erhaltung der natürlichen Vorkommen der Weißtanne im Außerfernener Wald

verfasst von

Thomas NOFLATSCHER, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Forstwissenschaften

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, Dezember 2022

Betreut von:

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

Mitbetreut von:

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Raphael Thomas Klumpp

Institut für Waldbau

Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Weiterer Ansprechpartner:

Dr. Alois Simon
Abteilung Forstplanung
Land Tirol

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 15.12.2022

Thomas Noflatscher (eigenhändig)

Danksagung

Bedanken darf ich mich recht herzlich bei meinen Betreuern Harald Vacik und Raphael Klumpp, welche mich stets (vor Ort) unterstützt und mir viel Freiraum bei der gestalterischen Ausarbeitung dieser Masterarbeit gelassen haben.

Ein großes Dankeschön geht auch an die Bezirksforstinspektion Reutte. Vielen Dank Andreas, Clemens, Dominik, Philip und Sepp. Ohne euch wäre solch ein enormer Stichprobenumfang nicht möglich gewesen.

Mein Dank gebührt auch Alois Simon von der Landesforstdirektion Tirol. Der fachliche Austausch mit dir hat immer Spaß gemacht und du hast damit zur Qualität dieser Arbeit beigetragen.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	i
Danksagung	ii
Kurzfassung	vii
Abstract	viii
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Charakterisierung des Projektgebiets	4
1.3 Ursachen und Auswirkungen des Verbisses.....	9
1.4 Schutzmaßnahmen vor Wildeinfluss	10
1.5 Wildeinfluss messen	11
2 Methoden.....	13
2.1 Vorabinformationen - Ausführung der Maßnahmen	13
2.2 Vorauswahl der Zaunflächen.....	13
2.3 Aufnahmemethoden	15
2.3.1 Probeflächenschema.....	15
2.3.2 Holzrahmen	16
2.3.3 Merkmale zur Standorts- und Bestandesbeschreibung.....	17
2.3.4 Aufnahme der Tannenverjüngung	18
2.3.5 Bodenbedeckungsarten	19
2.4 Datenanalyse	20
2.4.1 Auswahl der Datensätze.....	20
2.4.2 Saat bzw. Saat mit Bodenverwundung - Annahmen	21
2.4.3 Blow-Up-Faktor	21
2.4.4 Gruppierung von Baumarten	22
2.4.5 Statistische Tests	22

2.4.6	Relativer Höhenzuwachs - Berechnung	23
2.4.7	Stufigkeit.....	24
2.4.8	Multiples logistisches Regressionsmodell.....	24
3	Ergebnisse	27
3.1	Übersicht Maßnahmen und Tannenverjüngung	27
3.2	Baumartenanteile – im Altbestand und in der Verjüngung	31
3.3	Maßnahmen im Vergleich	33
3.3.1	Auswirkung von Maßnahmen auf das Tannenvorkommen.....	33
3.3.2	Maßnahmen - Tannenanzahl	35
3.4	Vergleiche innerhalb und außerhalb des Zauns	37
3.4.1	Stammzahlen – alle Baumarten	37
3.4.2	Stammzahlen – Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten	39
3.4.3	Stammzahlen - Tanne.....	42
3.4.4	Verjüngungshemmnisse	44
3.4.5	Vitalität	45
3.4.6	Mortalität	46
3.4.7	Schädigungen	46
3.4.8	Verbiss	47
3.4.9	Relativer Höhenzuwachs	50
3.5	Qualitative Vergleiche zwischen Aufforstung und Naturverjüngung.....	51
3.5.1	Vitalität	51
3.5.2	Mortalität	52
3.5.3	Schädigungen	52
3.5.4	Relativer Höhenzuwachs	53
3.5.5	Stufigkeit der Aufforstungen	54
3.6	Tannenverjüngung – mögliche Einflussgrößen	56

3.6.1	Tannenvorkommen - dominierende Bodenbedeckungsarten.....	59
3.6.2	Multiples logistisches Regressionsmodell.....	60
4	Diskussion.....	62
4.1	Übersicht Maßnahmen und Tannenverjüngung	62
4.2	Baumartenanteile – im Altbestand und in der Verjüngung	63
4.3	Maßnahmen im quantitativen Vergleich.....	63
4.3.1	Naturverjüngung	64
4.3.2	Aufforstung.....	64
4.3.3	Saat.....	65
4.3.4	Saat mit Bodenverwundung.....	67
4.4	Vergleiche innerhalb und außerhalb des Zauns	68
4.4.1	Stammzahlen – allgemeine Verjüngung	68
4.4.2	Stammzahlen - Tanne.....	70
4.4.3	Verjüngungshemmnisse	72
4.4.4	Vitalität	72
4.4.5	Mortalität	73
4.4.6	Schädigungen - Verbiss	73
4.4.7	Relativer Höhenzuwachs	75
4.5	Qualitative Vergleiche zwischen Aufforstung und Naturverjüngung.....	76
4.6	Tannenverjüngung – mögliche Einflussgrößen	77
4.6.1	Tannenvorkommen – dominierende Bodenbedeckungsarten.....	79
4.6.2	Multiples logistisches Regressionsmodell.....	79
4.7	Instandhaltung des Zauns.....	81
5	Fazit	83
	Literaturverzeichnis.....	86
	Abbildungsverzeichnis.....	96

Tabellenverzeichnis	100
Formelverzeichnis	103
Abkürzungsverzeichnis	104
Anhang A: Aufnahmemanual	I
Anhang B: Baumartencodes und Formulare	XXXIII

Kurzfassung

Die Weißtanne (*Abies alba*) weist im Tiroler Außerfern Verjüngungsdefizite auf. Aus diesem Grund wurden im Bezirk Reutte 94 Verjüngungsflächen mit Tanne angelegt und gezäunt. Ziel der Masterarbeit war es, diese Tannenverjüngungsflächen zu analysieren und den Erfolg der durchgeführten Maßnahmen (Naturverjüngung, Saat, Aufforstung, Bodenverwundung) miteinander zu vergleichen. Ebenso sollte mittels Vergleichsflächen der Wildeinfluss untersucht und der Einfluss von Konkurrenzvegetation auf die Tanne ermittelt werden. Für den Maßnahmenvergleich wurde die Quantität und die Qualität der Tannen untersucht. Zur Bestimmung des Wildeinflusses wurden Stammzahlen, Verbissprozent und Höhenzuwächse zwischen den Vergleichsflächenpaaren verglichen. Mithilfe eines multiplen logistischen Modells wurde der Einfluss der unterschiedlichen Faktoren auf die Verjüngung bestimmt. Der Anwuchs auf den Naturverjüngungsflächen war erfolgreich, auch die Ergebnisse der Aufforstungsflächen sind beachtenswert. Auf 82 % der 60 untersuchten Zaunflächen wurde Tannenverjüngung gefunden, dabei konnten im Mittel 4.500 Tannen pro Hektar festgestellt werden. Bei den Vergleichsflächen waren bereits nach wenigen Jahren signifikante Unterschiede bei den Stammzahlen, Verbissprozenten und Höhenzuwächsen festzustellen. Die Analysen der Konkurrenzvegetation zeigten, dass vor allem Kräuter und Gräser einen negativen Effekt auf die Tannenverjüngung haben, Bodenverwundung wirkt sich positiv auf die Ansamung aus. Es wird empfohlen, Tannenverjüngungsflächen mit Verjüngungsdefiziten mittels Tannen aus standortsangepasstem Saatgut nachzubessern, wobei lokale Herkünfte zu bevorzugen sind.

Schlagworte: Weißtanne, *Abies alba*, Verjüngung, Aufforstung, Sämlinge, Vergleichsflächenpaare, Wildverbiss, Bodenvegetation

Abstract

Silver fir (*Abies alba*) shows regeneration deficits in the Tyrolean Außerfern. For this reason, 94 fenced silver fir regeneration plots were established in Reutte in Tyrol (Austria). The aim of this master thesis was to analyse the regeneration plots with silver fir and compare the success of the various measures carried out (natural regeneration, afforestation, seeding, soil wounding). The influence of ungulates was to be investigated by comparing fenced and unfenced plots. Furthermore, the influence of competing ground vegetation on silver fir was investigated. The quantity and quality of the silver fir seedlings was examined for comparison purposes. To determine the influence of ungulates, stem numbers, browsing percentages and height increments were compared between the fenced and unfenced plots. A multiple logistic model was used to determine the influence of competing ground vegetation. The establishment of the natural regeneration on the plots was successful, and the results of the reforestation plots were also considerable. 82 % of the investigated 60 fenced plots had silver fir regeneration, with a mean of 4.500 seedlings per hectare. In the comparison between fenced and unfenced plots significant differences in stem numbers, browsing percentages and height increments could be observed after only a few years. The analyses of the competing ground vegetation showed that especially herbs and grasses have a negative effect on silver fir regeneration, soil wounding had a positive effect on the establishment of seedlings. For successfully regenerating native silver fir forest, reforestation activities are highly recommended, especially when the natural recruitment shows deficits in silver fir. Local provenances should be preferred.

Key words: Silver fir, *Abies alba*, regeneration, afforestation, seedlings, fenced and unfenced plots, ungulate browsing, ground vegetation

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Der mit der Erderwärmung einhergehende Klimawandel hinterlässt auch seine Spuren im Außerfern. Zu beobachten sind vor allem Veränderungen in der Vegetation, insbesondere bei der Zusammensetzung der Baumarten, aber auch Veränderungen in der Stabilität und Vitalität. Der Großteil des Außerferner Waldes ist als Schutzwald eingestuft, in dem Beeinträchtigungen durch die Klimaänderung zu erwarten sind. In den letzten Jahrzehnten war in den Außerferner Wäldern ein Rückgang des Tannenanteils (*Abies alba*) bemerkbar. In den Altbeständen ist die Tanne noch vorhanden, hat aber Probleme, sich in den Jungbeständen zu etablieren. (WALDPFLEGEVEREIN TIROL, 2017)

Die Gründe für den (historischen) Rückgang der Tanne sind mannigfaltig. Einerseits sind die Einflüsse durch gezielte Steuerung der Baumartenzusammensetzung und Kahlschläge (FREY, 2003) bzw. durch die Empfindlichkeit gegenüber Schwefeldioxydausstößen Ende des 20. Jahrhunderts anthropogenen Ursprungs. Andererseits ist die Verbissbeliebtheit bei Wildtieren aufgrund ihres Nährstoffreichtums nicht zu unterschätzen (MUCK et al., 2008), die Tanne ist eine der verbissbeliebtesten wirtschaftlich relevanten Baumarten Europas (SENN und SUTER, 2003). Außerdem ist die Tanne bezüglich Wildeinfluss eine der empfindlichsten Baumarten (MOTTA, 1996; REIMOSER und REIMOSER, 2003).

Laut dem Tiroler Waldbericht (LAND TIROL, 2021a) waren im Erhebungsjahr dieser Arbeit (2021) Wildschäden noch vor Windwurfschäden als größter Schadfaktor zu nennen (über 9 Mio €). Die Ergebnisse aus der neuesten Periode des Wildeinflussmonitorings für Reutte ermittelten auf ca. 55 % der Probeflächen einen starken Wildeinfluss (höchste von drei Klassifizierungsstufen). Wobei sich der Großteil der Tannen in der Höhenklasse 10 bis 30 cm bewegt. Während Fichten auf rund 98 % der Probeflächen vorkamen, sind Tannen auf ca. 23 % der Probeflächen vorgekommen. Es wurden ca. 29-mal mehr Fichten pro Hektar als Tannen gefunden. (BFW, 2021)

Umso wichtiger ist es, die Tanne zu erhalten, denn sie ist neben Fichte, Rotbuche und Bergahorn eine der bedeutendsten Baumarten in den Bergmischwäldern der Kalkalpen (HÖLLERL und MOSANDL, 2009). Mit ihrem Pfahlwurzelsystem kann die Tanne schwere Böden durchdringen, erreicht tiefere Bodenschichten und ist somit weniger anfällig gegenüber

Trockenheit und Windwürfen (MUCK et al., 2008; UTSCHIG, 2004). Mit Blick auf die Zukunft hat die Weißtanne relativ große Anpassungsfähigkeit bei Versuchen auf Trockenstress gezeigt, was ihr in Hinsicht des Klimawandels zugutekommen wird (Konôpková et al., 2018). Durch ihre Reaktionsfähigkeit bis ins hohe Alter kann sie nach jahrelanger Beschattung im Unterwuchs nach einer plötzlichen Auflichtung immer noch kräftige Wachstumsreaktionen zeigen (FERLIN, 2002; UTSCHIG, 2004). Dadurch ergeben sich auch Möglichkeiten die Tanne in einer dauerwaldartigen Waldbewirtschaftung einzusetzen (FERLIN, 2002). Aufgrund ihrer hohen Schattentoleranz, Anpassungsfähigkeit an Umweltbedingungen und ihrer Koexistenz mit anderen Baumarten ist sie für die Erhaltung einer hohen Artenvielfalt in Waldökosystemen eine unverzichtbare Baumart (DOBROWOLSKA et al., 2017). Darüber hinaus ist das Vorkommen der Tanne für den günstigen Erhaltungszustand vieler FFH-Lebensraumtypen (z.B. 9110, 9130, 9412) obligat. Diese Waldlebensraumtypen stellen wichtige Schutzgüter, unter anderem des im Untersuchungsgebiet liegenden Naturparks Tiroler Lech, dar. Somit ist die Erhaltung der Tanne sowohl für die Waldbewirtschaftung, das Schutzmanagement und den Naturschutz von großer Bedeutung. Denn bis zu 25 verschiedene Käferarten leben bevorzugt an der Weißtanne, bei den Großschmetterlingen bis zu 10 Arten oligophag; der Tannen-Glasflügler (*Synanthedon cephiformis*), ein Kleinschmetterling, lebt sogar monophag an der Weißtanne (MÜLLER und GOBNER, 2004).

Um den Erhalt der wichtigen Mischbaumart Tanne in der Verjüngung zu gewährleisten, wurde das LEADER Projekt „Erhaltung der standortsangepassten heimischen Tanne im Außerferner Wald“ vom Waldpflegeverein Tirol in Kooperation mit der Bezirksforstinspektion Reutte 2017 ins Leben gerufen. Im gesamten Bezirk Reutte in Tirol wurden 94 Tannenverjüngungsflächen von rund 625 m² errichtet, die durch Einzäunung vor Wildverbiss geschützt sind. Um das Tannenvorkommen zu erhöhen, wurde auf den Flächen auf Naturverjüngung, Aufforstung, Saat oder Saat mit Bodenverwundung gesetzt. Ein Teil des ausgebrachten und angepassten Saatguts befindet sich im eigenen Forstgarten, um damit später weitere Tannen in den Zäunen auszubringen. Beim angepassten Saatgut handelt es sich ausschließlich um im Außerfern gewonnenes, standortsangepasstes, heimisches Saatgut.

Um für zukünftige Anpassungen gerüstet zu sein, spielt die genetische Vielfalt eine zentrale Rolle. Die Erhaltung dieser ist unverzichtbar. (NEOPHYTOU, 2015) Außerdem kommt es hinsichtlich der Genetik bei der Tanne aufgrund ihrer Anpassungsfähigkeit zu einer

Mannigfaltigkeit an Tannenherkünften, die sich teilweise bis hin zur Hanglage in bestimmten Regionen unterscheiden (MUCK et al., 2008). Daher ist es umso wichtiger, regionales und standortsangepasstes Saatgut der Tanne zu fördern und zu erhalten.

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden die Wirksamkeiten und Erfolgsaussichten der Erhaltungsmaßnahmen der Tanne im Projektgebiet analysiert und die Grundlagen für ein langfristiges Monitoring geschaffen. Dazu sollen sowohl die Erhaltungsmaßnahmen auf den gezäunten Tannenverjüngungsflächen als auch die Zäunungen selbst herangezogen werden. Es wird insbesondere auf jene Faktoren eingegangen, die für eine nachhaltige Tannenverjüngung notwendig sind, sowie auf die Frage, welche Maßnahmen dazu ihren Beitrag leisten können.

Insofern wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

- I. Wie ist das Vorkommen der Tannenverjüngung im gesamten Projektgebiet auf den eingezäunten Tannenverjüngungsflächen zu beurteilen?
- II. Kann Bodenverwundung zum Erfolg der Tannenverjüngung beitragen?
- III. Welche Auswirkungen hat der Ausschluss des Wildes auf die Tannenverjüngung?
- IV. Inwiefern unterscheiden sich die Aufforstungsflächen hinsichtlich Quantität und Qualität von der Naturverjüngung?
- V. Wie ist der Einfluss des Keimbetts auf die Tannenverjüngung zu beurteilen?
- VI. Welche Maßnahmen sind aus den Ergebnissen abzuleiten, um das natürliche Vorkommen der Tanne zu gewährleisten?

1.2 Charakterisierung des Projektgebiets

Im Zuge des LEADER Projekts „Erhaltung der standortsangepassten heimischen Tanne im Außerferner Wald“ wurden durch den Waldpflegeverein Tirol in Kooperation mit der Bezirksforstinspektion Reutte im gesamten Bezirk Reutte verteilt 94 Zäune zum Schutz der Tanne vor Wildverbiss aufgestellt (siehe Abb. 1).

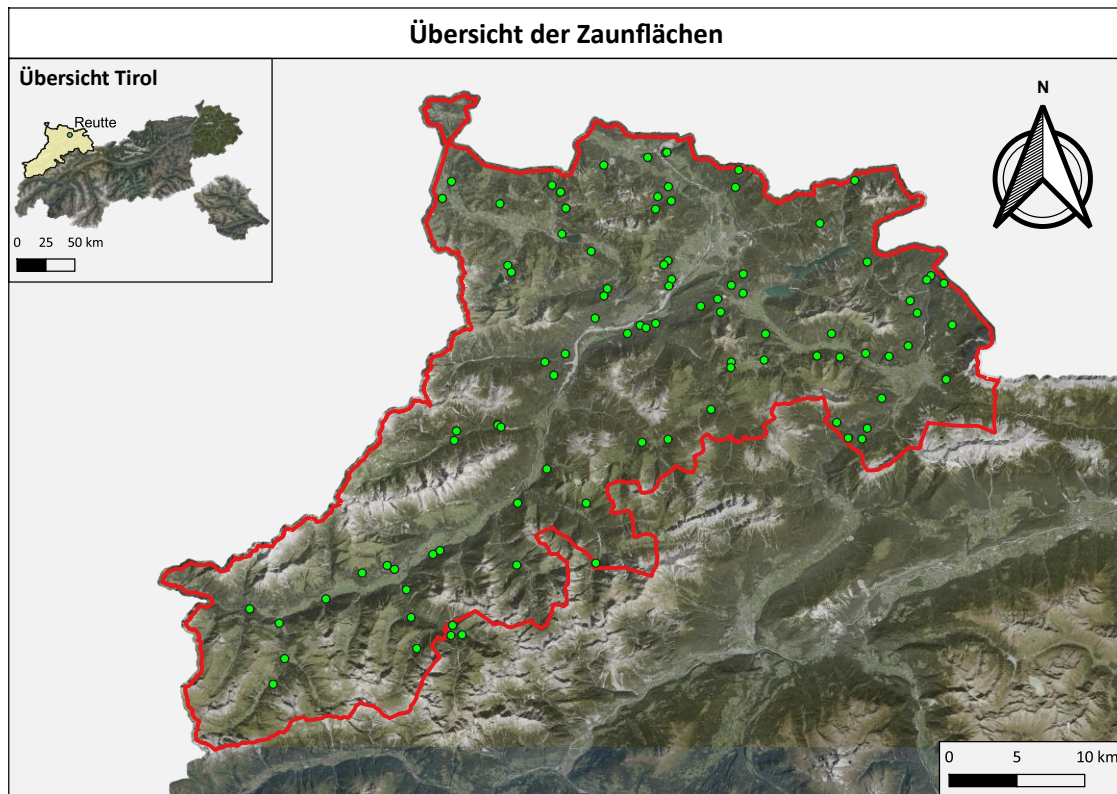


Abb. 1: Übersicht der 94 aufgestellten Zäune

Die Aufstellungsorte der Zäune wurden in Anlehnung an die Tiroler Waldtypisierung gewählt, mit dem Ziel, einen Tannenanteil von 30 bis 40 % in der Verjüngung innerhalb der Zäune zu erreichen. Primär sollte dieses Ziel durch Naturverjüngung geschehen. Allerdings wurden auch Tannen auf den Zaunflächen aufgeforstet. Weiters wurde ein vor Ort gewonnenes Saatgut auf den Zaunflächen ausgebracht und auch im Forstgarten Elbigenalp nachgezogen, um dieses dann später ebenso vor Ort einsetzen zu können. Zusätzlich zur Saat wurde auf wenigen Zaunflächen eine Bodenverwundung durchgeführt, damit die Samen wegen einer möglicherweise zu dichten Bodenvegetation eine verbesserte Chance zur Keimung im Auflagehumus haben. In Abb. 2 ist ein Beispiel für einen typischen Zaun zu sehen.



Abb. 2: Typischer Zaun mit rund 25 x 25 m Länge

Die Samenernte für das standortsangepasste Saatgut erfolgte im September 2018. Sie wurde im Saatguterntebestand für „ausgewähltes Vermehrungsgut“ in Lermoos im Bezirk Reutte durchgeführt. Dabei wurde auf den richtigen Erntezeitpunkt geachtet. Entscheidend war, dass ausreichende Mengen geerntet wurden.

Durch einen Zapfenschnitt (siehe Abb. 3) konnte der Zustand der Samenkörner festgestellt werden, wobei stets mehrere Proben zu untersuchen waren. Diese müssen eine weiße Farbe (nicht milchig-wässrig) haben, fest sein und pro Zapfenschnitt sechs bis acht Tannensamen haben (BFI REUTTE, 2021a).



Abb. 3: Zapfenschnitt zur Überprüfung des Reifestadiums der Körner (BFI REUTTE, 2018)

Die Zapfen wurden nach der Trocknung auf einem Holzboden durch die BFI Reutte geklenget und ein Teil davon im Herbst desselben Jahres auf den vorgesehenen Flächen ausgebracht. Dies hat den Vorteil, dass die zu Beginn höheren Keimprozent genützt werden konnten.

Die Lagerung von Weißtannensaatgut in einem Zeitraum von mehr als drei bis sechs Jahren erweist sich bezüglich des Keimprozents als schwierig. Nach sechs Jahren sinkt dieses auf knapp über 10 %, bei einer Lagerung von -10 °C. (JENNER und ŠEHO, 2021) Dies ist vor allem darin begründet, dass Weißtannensaatgut einen im Vergleich mit anderen Nadelhölzern hohen Wassergehalt aufweist, was die Lagerfähigkeit über längere Zeiträume beschränkt (SCHIRMER, 2004).

Ein anderer Teil des Saatguts kam in das Saatbeet (bzw. jetzt im Verschulbeet) des Forstgartens Elbigenalp und wird dort aufgezogen (siehe Abb. 4). Diese Pflanzen werden u. a. auf den Flächen eingesetzt, wo aufgrund der Ergebnisse der Arbeit Defizite in der Verjüngung festgestellt werden konnten. Die krautige Vegetation im Saatbeet soll dabei als Hitzeschutz dienen, die Plane als Wind- und Frostschutz.



Abb. 4: Standortsangepasste Tannen im Saatbeet des Forstgartens in Elbigenalp (Oktober 2021)

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über den gesamten Bezirk Reutte in Tirol und wird von den Wuchsgebieten 2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil und 4.1 Nördliche Randalpen – Westteil dominiert. Im Wuchsgebiet 2.1 liegt auf der montanen Höhenstufe das Optimum der Tanne (LAND TIROL, 2019a). Die untersuchten Zäune befinden sich auf einer Seehöhe zwischen 922 und 1672 m. Für die Temperatur und den Niederschlag wurden die Rohdaten von der ZAMG (2022) für Reutte (Stadt) bezogen und damit Abb. 5 erstellt. Die Messstation befindet sich somit relativ zentral im Projektgebiet, allerdings auf 841 m Seehöhe.

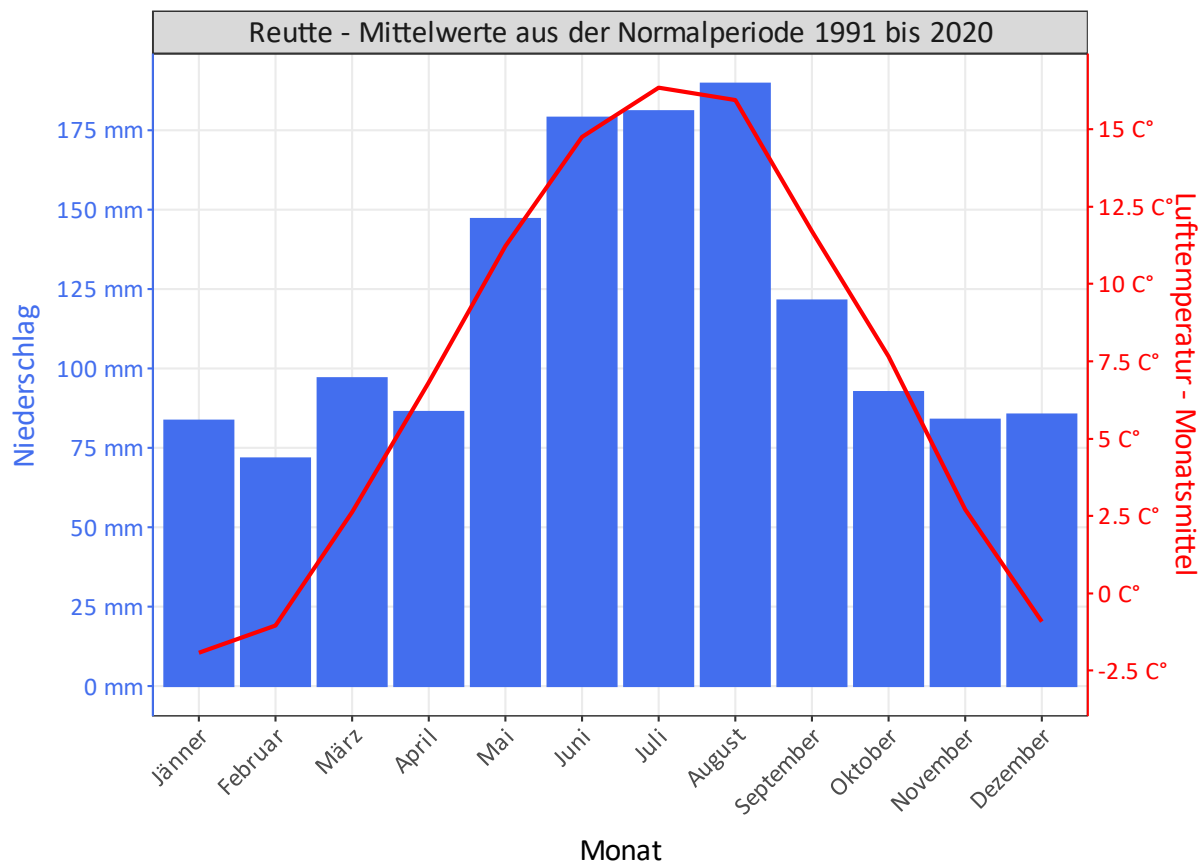


Abb. 5: Niederschlags- und Temperaturjahresverlauf für Reutte (Stadt)

Der mittlere Jahresniederschlag der Normalperiode 1991 bis 2020 beträgt 1418 mm. Die mittlere Jahrestemperatur (aus Monatsmitteln berechnet) wird mit 8,1 °C angegeben. Das Niederschlagsmaximum von rund 190 mm wird im August erreicht.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich überwiegend auf Karbonatgesteinen. Dabei bildet der sogenannte Hauptdolomit einen maßgeblichen Anteil (GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT, 2009). Aus diesem Gestein resultieren hauptsächlich Rendzinaböden (LAND TIROL, 2019b). Der Waldanteil an der Gesamtfläche im Bezirk Reutte beträgt 55,1 %. Wobei der Schutzwald 57,35 % der Gesamtwaldfläche von 68.000 ha ausmacht. (BFW, 2022) Auf dem Großteil (rund 93 %) der aufgenommenen Zäune ist die Tanne laut Tiroler Walddtypisierung namensgebend (Fichten-Tannen bzw. Fichten-Tannen-Buchenwald, siehe Abb. 6).

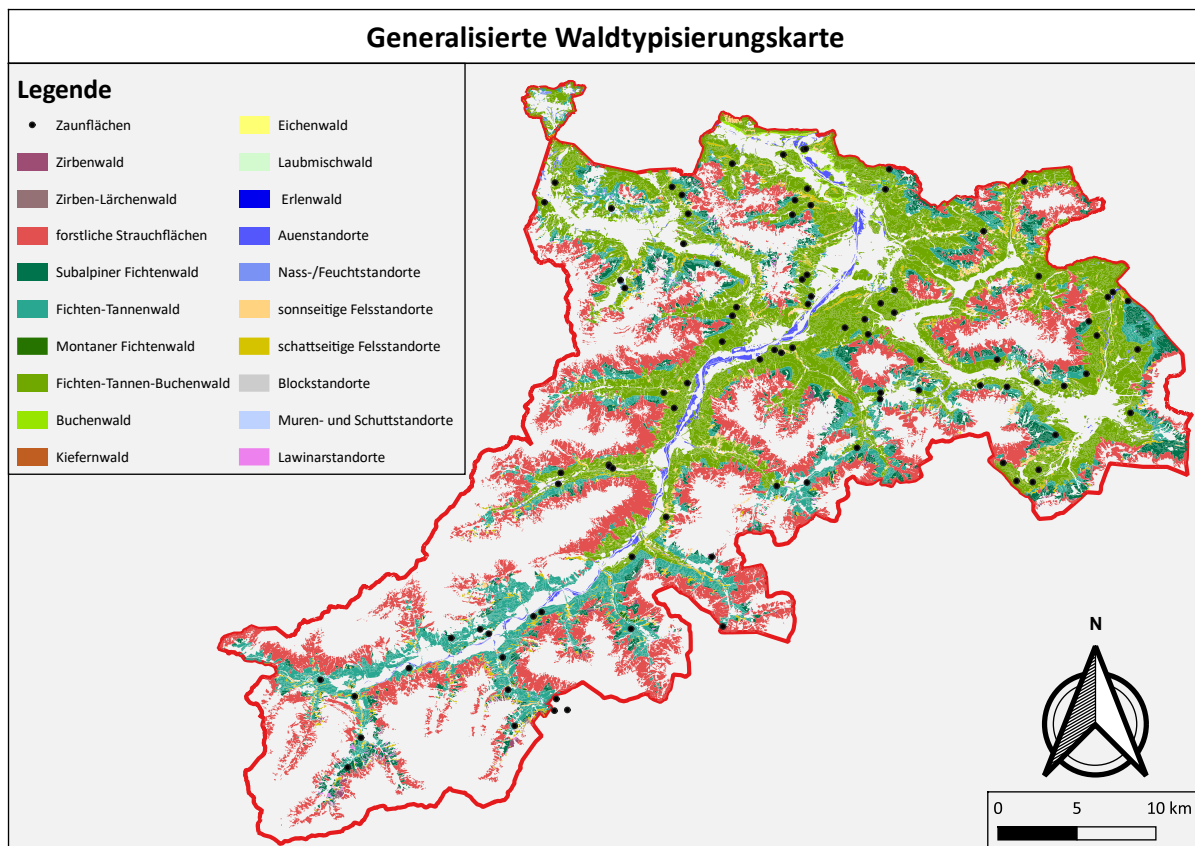


Abb. 6: Generalisierte Waldtypisierungskarte laut Tiroler Waldtypisierung inkl. Aufstellungsorte der Zäune (LAND TIROL, 2022a)

Gemäß dem Tiroler Jagdkataster kommen im Bezirk hauptsächlich zwei Jagdteilgebietsarten vor: Eigenjagden sowie Genossenschaftsjagden. Die Verpachtung stellt dabei die Hauptbewirtschaftungsform dar, nur ein geringer Teil ist eigen bewirtschaftet (LAND TIROL, 2022b) Im Projektgebiet kommen sowohl Gams-, Reh-, Rot- und Steinwild vor, wobei das Rotwild den höchsten Sollwert beim Abschuss im Vergleich zu den anderen Wildarten hat (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Abschusserfüllung für das Jagdjahr 2021/2022 im Bezirk Reutte. Stand 17.01.2022 (verändert nach LAND TIROL, 2022c)

Wildart	Plan-Soll [n]	Strecke [n]	Streckenerfüllung [%]	Fallwild [n]	Gesamtabgang [n]	Gesamterfüllung [%]
Gamswild	699	449	64,20 %	92	541	77,40 %
Rehwild	1518	1024	67,50 %	308	1332	87,70 %
Rotwild	2344	1916	81,70 %	127	2043	87,20 %
Steinwild	53	20	37,70 %	3	23	43,40 %

1.3 Ursachen und Auswirkungen des Verbisses

Herbivorie ist insbesondere in den jungen Jahren von Pflanzen ein wesentlicher Treiber der Vegetationsdynamik (NOPP-MAYR et al., 2015). Der Wildeinfluss kann in manchen Gebieten als Hauptursache für abnehmende Tannenverjüngung gesehen werden (KOLLY und KUPFERSCHMID, 2014). Entscheidend für lokale Wald-Wild-Situationen sind die Wilddichte, Lichtbedingungen und gegebenenfalls die Anwesenheit des Luchses (BISCHOF et al., 2019). Neben der Wilddichte als Ursache für die Häufigkeit von Verbiss ist auch die Zusammensetzung der Wildarten entscheidend. So konnte mehr Verbiss festgestellt werden, wenn nicht nur Reh-, sondern auch Rot- und Gamswild vorhanden war. (KUPFERSCHMID et al., 2020) Endtriebe sind beispielsweise durch Gämse bzw. Hirsche mehr als durch Rehe gefährdet (KUPFERSCHMID et al., 2015). Auch das Entwicklungsstadium des Bestandes – so die Grundfläche, Vegetationsdecke, der Deckungsgrad der Sämlinge oder das Vorhandensein von Grobmaterial aus Holz – beeinflusst die Häufigkeit von verbissenen Terminaltrieben (KUPFERSCHMID et al., 2020). Daneben spielen noch weitere Habitatseigenschaften wie die Attraktivität des Lebensraumes, Äsungsangebot, Störungsquellen, Lebensraumpotenzial oder auch die Verbissbeliebtheit einzelner Baumarten eine Rolle (KUPFERSCHMID et al., 2015). Die Zusammensetzung der Bodenvegetation ist dementsprechend entscheidend (GILL und BEARDALL, 2001).

Die Tanne ist eine der verbissbeliebtesten Baumarten (KOLLY und KUPFERSCHMID, 2014). Die Gründe dafür liegen in den Fresspräferenzen von Herbivoren. Grundsätzlich sind die Fresspräferenzen von Pflanzenfressern eine Funktion des Nährwerts und Geschmacks, die von der Produktion und Verteilung von strukturellen Kohlenhydraten (Zellulose, Lignin) und nicht von strukturellen Kohlenhydraten (Zucker oder Stärke), Tanninen und anderweitigen Sekundärmetaboliten abhängen. (NOPP-MAYR et al., 2015) Der höhere Stickstoffgehalt von Schattbaumarten in Kombination mit weniger Abwehrstoffen im Vergleich zu anderen Pflanzen fördert die Verbissbeliebtheit der Tanne. Ebenso haben Schattennadeln die Charakteristika breit, flach und vorne abgerundet zu sein, was es für Herbivoren leichter macht, diese zu fressen. (SENN und HÄSLER, 2005) Damit dürfte die Verbissbeliebtheit von Tannen auch eine genetische Komponente beinhalten. Untersuchungen an Sitka-Fichten haben gezeigt, dass manche ihrer Art aufgrund einer für Wild ungünstigeren Nährstoffzusammensetzung weniger verbissanfällig waren. Da der Nährstoffhaushalt stark

genetisch bestimmt ist, wird dadurch ein Zusammenhang zwischen Verbissbeliebtheit und der Genetik von Individuen vermutet. (SCHÜLER, o. J.)

Die Mortalität der Tanne steigt bei länger andauernder Verbisseinwirkung an. Eine Entmischung ist die Folge (BISCHOF et al., 2019; ODERMATT, 2018; RÜEGG und SCHWITTER, 2002), da Wildtiere die Baumartenvielfalt und -dichte verringern können (GILL und BEARDALL, 2001). Zusätzlich wirkt sich der Verbiss auf die Qualität und das Höhenwachstum einer Pflanze aus (KOLO, 2016).

1.4 Schutzmaßnahmen vor Wildeinfluss

Neben der klassischen Einzäunung zum Schutz der Verjüngung gibt es eine Vielzahl anderer Schutzarten, die als Einzelschutzmaßnahmen zusammengefasst werden können. Zu ihnen zählen mechanische, chemische oder biologische Schutzmaßnahmen. Die bekanntesten unter den mechanischen Schutzmaßnahmen sind die sogenannten Schutzkörbe jeglicher Art (aus Draht oder Kunststoff) sowie Verbissschutzmanschetten in unterschiedlichsten Ausführungen. Bei den chemischen Schutzmaßnahmen sind Spritz- und Streichmittel, bei den biologischen ist die Schafwolle zu nennen.

Vor allem, wenn nur wenige Pflanzen und geringe Flächengrößen (unter einem Hektar) geschützt werden sollen oder nur kurze Verjüngungszeiträume (unter 5 Jahren) notwendig sind, bieten sich die Einzelschutzmaßnahmen an (LEHMANN, 2009). Dazu muss aber ergänzt werden, dass Schutzzeiträume von fünf Jahren insbesondere bei der Tanne oft nicht ausreichen, da im hochmontanen Schutzwald generell längere Verjüngungszeiträume zu erwarten sind (DOBROWOLSKA et al., 2017).

Aktuelle Untersuchungen von HUBER (2022) in Tirol haben gezeigt, dass Einzelschutzmaßnahmen nur eine Reduktion des Verbisses bewirken können, die je nach Schutzart besser oder schlechter wirken. Hinzukommt, dass manche Einzelschutzarten, die gut funktioniert haben (z. B. Schutzkörbe), großflächig für viele Kleinwaldbesitzer ökonomisch nicht realisierbar sind, insbesondere in steilen Gebieten. HUBER (2022) kommt zum Ergebnis, dass sich nach ca. drei Jahren die Kosten der Zaunerstellung am Hektar (bei 2500 Pflanzen) amortisieren, da manch andere Schutzarten, wie das mehrmalige Ausbringen von Spritz- oder Streichmitteln pro Jahr, laufende Kosten durch das Erneuern verursachen.

Zudem konnten PRIETZEL und AMMER (2007) bei ihren Untersuchungen die positiven Wirkungen von Einzäunungen in Gebieten mit hohem Wildeinfluss für die Naturverjüngung belegen. Dabei ergibt sich insbesondere auf armen, flachgründigen Standorten ein Synergieeffekt: Durch die Naturverjüngung werden weniger Nährstoffe ausgewaschen – eine Reduktion der Wilddichte würde somit zur Reduktion der Bodendegradierung führen.

1.5 Wildeinfluss messen

Es gibt verschiedenste Ansätze, den Einfluss des Wildes zu messen und zu quantifizieren. Wildeinfluss kann im Zuge von gängigen Verjüngungserhebungen bspw. durch das Traktverfahren der Tiroler Projektsteuerung, durch Vollaufnahmen oder durch Probekreise wie beim Wildeinflussmonitoring erhoben werden. Jede Methode hat im Gelände seine Vor- und Nachteile. Das Wichtigste dabei ist aber immer der Flächenbezug, ohne ihn lassen sich keine differenzierten Aussagen machen. Die räumliche Anwendung von Stichproben ist auf sogenannten Indikatorflächen, welche auf Wildeinfluss hindeuten, möglich (RÜEGG und NIGG, 2003). Weiters sind Vergleichsflächenpaare (Zäunungen) zu nennen, die insbesondere auf der kleinstandörtlichen Ebene anwendbar sind (RÜEGG, 1999).

Als klassische Messgröße ist das Verbissprozent (Anm.: Verhältnis aus verbissenen zu insgesamt vorhandenen Bäumen) zu nennen (RÜEGG, 1999). Das Verbissprozent ist eine gute Kenngröße, um den Wildeinfluss zu messen (KNOKE et al., 2008; KOLO, 2016; KUPFERSCHMID, 2018). Messen lässt sich der Verbiss am Leit- oder am Seitentrieb. Davon hat sich mittlerweile der Leittrieb als maßgeblichstes Merkmal zur Bestimmung des Verbisses etabliert. Andere Formen wie der Seitentriebverbiss sind insbesondere bei Laubhölzern schwieriger zu bestimmen. (FRANK, 2014)

Das Verbissprozent allein reicht allerdings nicht aus, um differenzierte Aussagen zu treffen. Dazu bedarf es auch der Stammzahl je Fläche. Zudem ist das Verbissprozent für kleinflächige Untersuchungen (z. B. Forstreviere, Sturm- oder Verjüngungsflächen) nicht geeignet. Aussagen können nur über weitläufige Gebiete getroffen werden, da Verbiss eher konzentriert vorkommt. (ODERMATT, 2009)

Die Anwendung des reinen Verbissprozents ist wertneutral. Erst sobald ein Vergleich mit einem SOLL stattfindet (abgeleitet aus einem Verjüngungsziel), wird die Bewertung eines Schadens vorgenommen (ODERMATT, 2018; SUTER, 2005). Der Zielwert des Verbissprozents

ist das Ergebnis einer Einigung zwischen mehreren Parteien (Jäger, Förster bzw. anderweitig Betroffene) unter Beachtung wissenschaftlicher Empfehlungen (ODERMATT, 2018). REIMOSER et al. (1997) haben betont, dass Wildeinfluss nicht mit einem Wildschaden gleichzusetzen ist und sich diesbezüglich in der Literatur mehrmals befasst (REIMOSER, 2010; REIMOSER et al. 2006; REIMOSER und REIMOSER, 2017). Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit zur objektiven Erfassung des Wildeinflusses auf einen SOLL-IST Vergleich verzichtet werden. Es werden lediglich verschiedene Parameter (u. a. das Verbissprozent) erfasst und dargestellt.

Auch die Baumartenstetigkeit (Prozentanteil der Probeflächen mit jeweiligem Vorkommen) sowie der Höhenzuwachs sind weitere Größen zur Bestimmung des Wildeinflusses (REIMOSER und REIMOSER, 2009). Es gibt auch den Vorschlag, die Anzahl unverbissener Bäume zu messen (KOLO, 2016; ODERMATT, 2009).

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das Verbissprozent, Messung der Stammzahlen, Baumartenstetigkeit und Höhenzuwächse gängige Größen in der Literatur sind.

REIMOSER und REIMOSER (2017) nennen den Vergleichszaun als die beste Methode, den Wildeinfluss objektiv festzustellen. Gerade, wenn wenig oder keine Bäume für eine Beurteilung von Wildeinfluss vorhanden sind, ist die Einzäunung eine Möglichkeit, um differenzierte Aussagen über die Ursache der fehlenden Verjüngung zu treffen. Insbesondere dann, wenn diese nicht über 10 cm hinauswachsen. (ODERMATT, 2018) Denn der Keimlingsverbiss ist nur mit einem Vergleichszaun feststellbar (FRANK, 2014; KOLO, 2016; REIMOSER, 2000). Weiters sind ohne einen Vergleichszaun die Ausmaße potenzieller Verjüngungshemmnisse durch Wild im direkten Vergleich mit anderweitigen Verjüngungshemmnissen nicht bestimmbar. Überschneidungen mit anderen Einflussfaktoren sind möglich. (ODERMATT, 2018; SCHODTERER, 2004)

2 Methoden

Basierend auf den sich bereits etablierten Aufnahmemethoden von Projekten wie ELENA (RUPRECHT und VACIK, 2009) und ergänzend durch die Projektsteuerung im Schutzwald (LAND TIROL, 2021b) wurden die methodischen Grundlagen für die Erhebungen in dieser Arbeit geschaffen. Dabei sollten die wichtigsten Parameter erhoben werden und speziell für den Anwendungsfall eines Zaunvergleichs mit Fokus auf die Tanne angepasst werden. Für die Beantwortung der Fragestellungen kamen dabei unterschiedliche Herangehensweisen zum Einsatz. Diese werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

2.1 Vorabinformationen - Ausführung der Maßnahmen

Es wurde zunächst die Art und Weise, wie Maßnahmen auf den Flächen getätigt worden waren, erhoben. Damit sollte ein Überblick gewonnen werden, wie bestimmte Flächen behandelt worden sind. Es wurden die durchschnittlich aufgeforstete Tannenanzahl pro Fläche, der Pflanzverband, das Alter und die Höhe zum Pflanzzeitpunkt und das Zulassungszeichen der aufgeforsteten Tannen dokumentiert, ebenso die Durchführung eines Wurzelschnitts. Hinsichtlich der Saat waren die ausgebrachten Mengen pro Zaun von Interesse und die Art und Weise der Bodenverwundung. Mithilfe dieses Überblicks konnte eine Vorauswahl der Flächen erfolgen.

2.2 Vorauswahl der Zaunflächen

Für das Auswahlverfahren der Zaunflächen wurden von der BFI Reutte Daten zur Örtlichkeit, Zaungröße und Maßnahmen, die innerhalb und außerhalb des Zauns durchgeführt worden waren, angefragt. Zaunflächen, auf denen mehrere Maßnahmen gleichzeitig durchgeführt worden waren, kamen nicht zur Auswahl. Dies wird damit begründet, dass dann der Erfolg oder Misserfolg einer Maßnahme pro Zaunfläche jener nicht mehr eindeutig zugeordnet werden kann. Des Weiteren wurden (sofern vorab bekannt) jene Zaunflächen aussortiert, auf denen auch außerhalb des Zauns Maßnahmen gesetzt worden waren. Darunter zählen hauptsächlich Aufforstungen. Ein wesentlicher Kern dieser Arbeit ist ein Vergleich von Eigenschaften innerhalb und außerhalb des Zauns. Eine Aufnahme von Flächen mit Maßnahmen außerhalb des Zauns würde den Vergleich erschweren.

Bei den Verjüngungsaufnahmen wurde ein Fokus auf Bäume zwischen der Höhenklasse „Keimlinge“ bis zu 1,3 m Höhe gelegt. Das heißt im Umkehrschluss, dass auf Zaun- oder

Vergleichsflächen mit einer hauptsächlichen Verjüngung größer als 1,3 m Höhe (mindestens 50 %) eine Aufnahme nicht zielführend gewesen wäre, da sich diese überwiegend außerhalb des Aufnahmespektrums befunden hätte.

Zudem können Bestände im Dickungsstadium bzw. Stangenholzalter zwar auch Pflanzen unter 1,3 m Höhe beinhalten, diese tragen allerdings nicht mehr zur weiteren Bestandesentwicklung bei. Denn sie sterben in der Regel nach Schließung des Kronendachs der dominierenden Schicht ab. Eine Beurteilung des Wildeinflusses auf solchen Flächen ist somit nicht mehr notwendig. (SCHODTERER, 2004) Sobald mehr als 50 % der Verjüngung eine Höhe von mehr als 1,3 m bis 5 m erreichte und dies auf eine Probeflächenart (Zaun- oder Vergleichsfläche) zutraf, so wurde auf eine Aufnahme gänzlich verzichtet. Beispiele für eine solche Fläche sind auf Abb. 7 und Abb. 8 zu sehen.



Abb. 7: Der Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m Höhe beträgt auf dieser Probefläche mehr als 5/10. Eine Aufnahme fand hier somit nicht statt.



Abb. 8: Auch hier ist der Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m Höhe größer als 5/10. Es fand somit keine Aufnahme statt.

2.3 Aufnahmemethoden

Da mehrere Personen an den Außenaufnahmen beteiligt waren, wurden ein Aufnahmemanual sowie die zugehörigen Formulare erstellt. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass die Daten unter einheitlichen Bedingungen aufgenommen wurden (siehe Anhang). An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass die Aufnahmemethoden auf jenen nach RUPRECHT und VACIK (2009) aus dem Projekt ELENA beruhten und teilweise durch die Projektsteuerung im Schutzwald (LAND TIROL, 2021b) ergänzt wurden. Um das Aufnahmemanual in die Masterarbeit einbetten zu können, wurden dementsprechend die Abbildungen und Tabellen mittels Quellenangaben ergänzt. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik zu den Aufnahmen ist dem Aufnahmemanual im Anhang zu entnehmen.

2.3.1 Probeflächenschema

Die Verjüngungsaufnahmen fanden auf einem Probekreis mit 200 m² sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zauns statt (siehe Abb. 9). Der Probekreis außerhalb des Zauns wurde stets so angeordnet, dass möglichst gleiche Überschirmungsverhältnisse (maximal 2/10 Unterschied) galten.



Abb. 10: Einklappbarer Holzrahmen - Innenmaß 1 x 1 m

Der Holzrahmen besteht aus vier Holzlatten, wovon jeweils zwei mit einem Scharnier verbunden sind. Aufgeklappt und korrekt ausgebreitet ergibt sich ein Innenmaß von 1 x 1 m. Durch das anschließende Wiedereinklappen ist Kompaktheit gewährt und ermöglicht gerade im schwierigen Gelände ein leichteres Vorankommen – im Gegensatz zu einem starren Rahmen.

2.3.3 Merkmale zur Standorts- und Bestandesbeschreibung

Zur Beschreibung des Standorts bzw. Bestandes wurden die nachfolgenden Merkmale auf den Probeflächen aufgenommen. Eine genaue Aufschlüsselung, auf welcher Probeflächenart (innerhalb oder außerhalb des Zauns) die jeweiligen Merkmale erhoben wurden, ist dem Aufnahmemanual im Anhang zu entnehmen.

- Exposition [gon]
- Hangneigung [%]
- Zeigerpflanzen
- Makro- und Mesorelief
- Mikrorelief
- Weideintensität
- Bestandesklasse
- Überschildung
- Deckungsgrad für Holzgewächse zw. 1,3 und 5 m
- Anzahl der Tannensamenbäume
- Verjüngungshemmnisse

Die Seehöhe [m] wurde dem Tiroler Rauminformationssystem (TIRIS) entnommen.

2.3.4 Aufnahme der Tannenverjüngung

Nur eine hohe Qualität der aufgeforsteten Pflanzen kann einen erfolgreichen Anwuchs und das weitere Wachstum garantieren. Für die Qualitätsansprache können verschiedene Merkmale herangezogen werden. Als klassische, **morphologische** Indikatoren zur Bestimmung der Forstpflanzenqualität sind Pflanzenhöhe, Wurzelhalsdurchmesser, Wurzelvolumen, Pflanzenfrischgewicht und Größe der Terminalknospe zu nennen. Der Kulturerfolg kann mit diesen Kenngrößen in gewisser Weise beschrieben werden. Der Wurzelhalsdurchmesser bildet dabei selbst einen Indikator für ein gut ausgeprägtes Wurzelsystem, das wiederum maßgeblich für eine erfolgreiche Aufforstung ist. Bei den **physiologischen** Kenngrößen sind etwa das Wurzelwachstums- bzw. Wasserpotenzial, die Messung der Elektrolytverluste, des Kohlenhydratgehalts der Wurzeln oder der Chlorophyllfluoreszenz zu nennen. (STIMM et al., 2014)

Aus Pflanzhöhe und Wurzelhalsdurchmesser lässt sich das H/D-Verhältnis, das auch Stufigkeit genannt wird, bilden. Die Stufigkeit ist eine zentrale Größe für die Qualität und Vitalität von Forstpflanzen (KÖRNER et al. 2012; STIMM et al., 2014).

Für eine detaillierte Aufnahme der Tannenverjüngung wurde in Anlehnung an RUPRECHT und VACIK (2009) eine Einteilung in mehrere Klassen von Keimlingen bis 1,3 m Höhe (relevant ist die Abschlusshöhe des letzten Jahrestriebes) vorgenommen und dementsprechend erhoben. In der Literatur werden als untere bzw. obere Erhebungsgrenze der Baumhöhen oft 10 cm bzw. 130 cm (maximale Äserhöhe des Rehwildes) angenommen (REIMOSER, 2000).

Es wurden für die Tanne folgende zusätzliche Merkmale erhoben:

- Wurzelhalsdurchmesser
- Baumhöhe
- Höhenzuwachs am Terminaltrieb
- Vitalität
- Schalenwildverbiss (Terminal- und Seitentrieb)
- Schadmerkmale inkl. Schädigungsgrad

2.3.5 Bodenbedeckungsarten

Für die Charakterisierung des Keimbetts wurden Bodenbedeckungsarten je Verjüngungsteilfläche (1 x 1 m) prozentual geschätzt sowie die mittlere Höhe der Bodenvegetation je Verjüngungsteilfläche bestimmt. Grundsätzlich kann eine Verjüngungsteilfläche im Maximum 100 % erreichen. Wenn sich verschiedene Bodenbedeckungsarten allerdings überlappen, können diese zusammen mehr als 100 % ergeben. Im Nachfolgenden sollen die ausgeschiedenen Kategorien der Bodenbedeckung näher erläutert und Beispiele dafür angeführt werden.

Jungbäume < 1,3 m Höhe: Alle Baumarten bis zu einer Höhe von 1,3 m fallen in diese Kategorie. Auch die Tanne selbst wurde dazugezählt.

(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe: Zwergsträucher wie bspw. die Heidelbeere oder Heidekrautgewächse, aber auch Sträucher aller Art bis zu einer Höhe von 1,3 m gehören zu dieser Bodenbedeckungsart.

Kräuter: Kräuter aber auch Farne wie bspw. der Rippenfarn sollen durch diese Bodenbedeckungsart beschrieben werden. Der Adlerfarn wird hingegen in einer der nachfolgenden Kategorien ausgeschieden.

Him- und Brombeere: Die Him- und Brombeere dürfen als typische Schlagvegetation nicht fehlen.

Gräser, Adlerfarn: Gräser wie bspw. das Bergreitgras, welches oft mit dem Adlerfarn vergesellschaftet ist, fallen in diese Kategorie.

Moose, Flechten: Dazu gehören alle im Außerfern vorkommenden Moos- und Flechtarten.

Totholz > 10 cm: Hierbei kann es sich sowohl um stehendes als auch liegendes Totholz mit einem Durchmesser größer als 10 cm handeln.

Astmateriale (lebend und tot): Den Boden berührende lebende Äste sowie liegendes totes Astmateriale werden hier hinzugezählt.

Lebendholz: Oftmals können Bäume oder deren Wurzelansätze komplette Verjüngungsteilflächen einnehmen. Durch diese Kategorie werden diese ebenfalls erfasst.

Streu, offener Boden: Streueinträge aus dem Bestand sowie Boden ohne Bewuchs werden in dieser Bodenbedeckungsart zusammengefasst.

Fels, Schutt: Felsige Untergründe bzw. deren Ablagerungen (z. B. Hangschuttmaterial) sollen durch diese Kategorie beschrieben werden.

2.4 Datenanalyse

Um mit der Datenauswertung beginnen zu können, wurden die Formulare zunächst in Form von CSV-Dateien in Microsoft Excel (Microsoft 365) digitalisiert. Die Auswertung der deskriptiven bzw. induktiven Statistik wurde mit der Statistiksoftware RStudio 1.4.1103 (R CORE TEAM, 2021) durchgeführt. Als weitere Hilfe zur Datenaufbereitung wurde das R Package dplyr (WICKHAM et al., 2021) verwendet. Zur weiteren visuellen Auswertung und Unterstützung kam in R ggplot2 (WICKHAM, 2016) bzw. QGIS 3.16.5 (QGIS.ORG, 2020) zum Einsatz.

2.4.1 Auswahl der Datensätze

Neben der Vorabauswahl der Zaunflächen waren in weiterer Folge auch die Auswahl der Datensätze für die statistische Auswertung und deren spezifische Anwendungsfälle zu überlegen. Besonders dann, wenn Flächen innerhalb mit jenen außerhalb des Zauns verglichen werden sollten. Damit sollte gewährleistet werden, dass ein fairer Vergleich auch in Hinsicht des Wildeinflusses möglich ist. Daher kamen bei einem direkten Vergleich von Flächen innerhalb des Zauns mit Flächen außerhalb des Zauns nur jene Flächen in Frage, die folgende Anforderungen aufweisen konnten:

- Naturverjüngungsflächen ohne künstliche Ergänzungen
- Überschirmungsdifferenz zwischen der Probefläche innerhalb und außerhalb des Zauns kleiner bzw. maximal 2/10
- Kein Weideeinfluss außerhalb des Zauns
- intakter Zaun

Sobald eine dieser Anforderungen entweder auf der Probefläche innerhalb oder auf der Probefläche außerhalb des Zauns nicht erfüllt werden konnte, wurden die beiden Probeflächen nicht zur vergleichenden Auswertung herangezogen. Somit wird sichergestellt, dass immer zwei Vergleichsflächen desselben Standorts zur Auswertung herangezogen

werden. Dadurch sollen makrostandörtliche Effekte eliminiert werden. Wenn in den Ergebnissen kein direkter Vergleich von Probeflächen innerhalb und außerhalb des Zauns stattgefunden hat, so fanden oben genannte Filter keine Anwendung. Aus diesem Grund können sich die Stichprobenumfänge bei den Vergleichen zwischen Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns bzw. zwischen Naturverjüngung und Aufforstung bei den Naturverjüngungsflächen unterscheiden.

Für die in Kapitel 4.6 behandelten Ergebnisse wurden nur Flächen herangezogen, auf denen nur Tannenverjüngung bis 15 cm Höhe aus natürlichem Ursprung innerhalb des Zauns ist. Diese Merkmale umfassen Flächen mit Naturverjüngung und Aufforstung. Dabei wird nach Rücksprache mit der BFI Reutte bei den Aufforstungsflächen angenommen, dass die gesetzten Pflanzen größer als 15 cm sind und alles darunter natürlichem Ursprung entstammt. Somit kann der Stichprobenumfang entsprechend hochgehalten werden.

2.4.2 Saat bzw. Saat mit Bodenverwundung - Annahmen

Zusätzlich wurden hinsichtlich der Analyse des Erfolgs oder auch Misserfolgs der Maßnahmen „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ noch folgende Parameter angenommen: Die Tannensaat hat im Herbst 2018 auf den Flächen stattgefunden. Das heißt, eine Keimung fand frühestens 2018, wahrscheinlicher 2019 statt. Daher kann bei einer Erhebung im Jahr 2021 davon ausgegangen werden, dass die gezählten Tannen höchstens der Kategorie „Mehrjährige bis 15 cm“ zugeordnet werden können. Sollte daher eine Fläche mit der Maßnahme „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ bspw. eine Tanne der Kategorie „80 – 130 cm“ aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass diese nicht der Tannensaat aus dem Jahr 2018 entspricht. Daher wurden jene Tannen, die im Erhebungsjahr 2021 eine Höhe von 15 cm überschreiten, nicht zum Erfolg der Maßnahme „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ gezählt.

2.4.3 Blow-Up-Faktor

Für die Umrechnung der Pflanzenanzahl in Hektarwerte wurde der sogenannte Blow-Up-Faktor herangezogen (siehe Formel (2)).

$$Pflanzenanzahl\ pro\ ha = \frac{Pflanzenanzahl}{Probeflächengröße\ [m^2]} * 10000\ [m^2] \quad (2)$$

2.4.4 Gruppierung von Baumarten

In den Ergebnissen wurden u. a. Baumarten zu den Pionierbaumarten, Halbschattbaumarten und Schattbaumarten zusammengefasst. Die Einteilung dieser auf den Probeflächen vorgekommenen Baumarten erfolgte nach diesem Schema:

- **Pionierbaumarten:** Bergkiefer, Birke, Esche, Lärche, Mehlsbeere, Vogelbeere, Waldkiefer, Weidenarten, Zitterpappel
- **Halbschattbaumarten:** Bergahorn, Bergulme, Fichte
- **Schattbaumarten:** Buche, Eibe, Tanne

2.4.5 Statistische Tests

Insbesondere beim Vergleich zweier Gruppen (Anm.: z. B. innerhalb und außerhalb des Zauns) mit unabhängigen Stichproben und mindestens Intervallskalenniveau der abhängigen Variablen bietet sich ein Zweistichproben-t-Test an (MACFARLAND und YATES, 2016). Eine Voraussetzung für diesen Test ist allerdings eine Normalverteilung der unabhängigen Stichproben. Normalverteilung konnte aber insbesondere beim Vergleich der jeweiligen Anzahl innerhalb und außerhalb des Zauns nicht erreicht werden. Auch eine Transformation der Daten (logarithmieren, Kehrwertbildung) führte zu keiner Normalverteilung. Dies ist wohl damit zu begründen, dass der Datensatz viele Zählwerte mit 0 bezüglich der Pflanzenanzahl hat, worauf oben genannte Methoden keine Auswirkungen haben. Verschärft wurde der rechtsschiefe Datensatz damit, dass weitere Einteilungen vorgenommen wurden (Baumart, Höhenklasse, innerhalb oder außerhalb des Zauns) und somit die Stratifizierung ebenfalls einen Einfluss hat.

Somit musste auf parameterfreie Tests ausgewichen werden. Dabei kam in dieser Arbeit hauptsächlich der Mann-Whitney-U-Test zum Einsatz. Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha = 0,05$ angenommen.

2.4.6 Relativer Höhenzuwachs - Berechnung

Der relative Höhenzuwachs ist eine Möglichkeit, das Wachstum einer Pflanze in einem bestimmten Zeitraum zu bestimmen. Dieser soll im Folgenden anhand eines konkreten Beispiels, wie es in der Arbeit praktiziert wurde, näher erläutert werden.

Wie bereits in den Aufnahmemethoden erklärt, wurde die Höhe einer Pflanze anhand des letztjährigen, abgeschlossenen Triebes von 2020 (y_k) bestimmt. Es wurden auch die Zuwächse pro Jahr gemessen. Der Zuwachs von 2019 auf 2020 (Δy) ist somit der aktuellste gemessene Jahreszuwachs. Für die Bestimmung des relativen Höhenzuwachses sind allerdings zwei Abschlusshöhen notwendig. Für die Berechnung in Formel (4) wird also noch y_{k-1} (hier Abschlusshöhe von 2019) benötigt. Um diese zu erhalten, wurde wie in Formel (3) vorgegangen.

$$y_{k-1} = y_k - \Delta y \quad (3)$$

y_{k-1} ... Pflanzenhöhe zum Zeitpunkt t_{k-1}

y_k ... Pflanzenhöhe zum Zeitpunkt t_k

Δy ... Höhenzuwachs zwischen zwei Zeitpunkten t_k und t_{k-1}

Um nun den relativen Höhenzuwachs zu erhalten, wurde nach Formel (4) aus POMMERENING und GRABARNIK (2019) vorgegangen.

$$\bar{p}_k = \frac{\log y_k - \log y_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} = \frac{\log(y_k/y_{k-1})}{\Delta t} \quad (4)$$

$\bar{p}_k$... Relativer Höhenzuwachs

y_k ... Pflanzenhöhe zum Zeitpunkt t_k

y_{k-1} ... Pflanzenhöhe zum Zeitpunkt t_{k-1}

Δt ... Zeitliche Differenz von t_k und t_{k-1}

Es dürfte allgemein bekannt sein, dass größere Pflanzen auch größere jährliche Höhenzuwächse haben, sofern sie in ihrer Vitalität nicht beeinträchtigt sind. Wenn allerdings

Pflanzen mit unterschiedlicher Höhe verglichen werden sollen, wird dieser Faktor bei einem simplen Vergleich der Absolutwerte der Höhenzuwächse von Pflanzen mit unterschiedlicher Höhe nicht berücksichtigt. Der relative Höhenzuwachs ist somit eine in der Literatur gängige Möglichkeit, Höhenzuwächse von Pflanzen unter Beachtung ihrer Wachstumsphysiologie zu vergleichen (POMMERENING und GRABARNIK, 2019). Die Einteilung der Boxplots in Höhenklassen wurde anhand der Abschlusshöhe von 2019 (y_{k-1}) durchgeführt.

2.4.7 Stufigkeit

Um die Qualität der aufgeforsteten Tannen zu beurteilen, wurde die Stufigkeit als wichtiges Merkmal herangezogen. Als Referenz dienten dabei die von SCHMIDT-VOGT (1966) ermittelten Rahmengrenzwerte für die Tanne (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Rahmengrenzwerte für Weißtanne – Verhältnis aus Sprosslänge und Wurzelhalsdurchmesser (verändert nach SCHMIDT-VOGT, 1966)

Sprosslänge [cm]	WHD_{Min} [mm]	WHD_{Max} [mm]
10	3	8
20	5	12
30	6	14
40	8	17
50	10	19
60	11	22

2.4.8 Multiples logistisches Regressionsmodell

Es wurden nur Daten zur Tanne innerhalb des Zauns verwendet, welche aus Naturverjüngung entstanden sind. Wobei Zaunflächen mit einer Aufforstung auch hinzugenommen wurden, wenn Tannenindividuen kleiner als 15 cm darauf zu finden waren, da die aufgeforsteten Tannen größer als 15 cm sind.

Als Linkfunktion für die logistische Regression wurde die sogenannte Logit-Funktion bzw. dessen Umkehrfunktion für die Transformation gewählt. Diese Modellart ist eine gängige Methode in Waldwachstumsmodellen, um binär kodierte Sterbewahrscheinlichkeit von Einzelbäumen zu beschreiben (VACIK et al., 2010). Die verwendeten Eingangsvariablen sind in Tab. 3 aufgelistet.

Tab. 3: Die Eingangsvariablen im multiplen logistischen Modell. Aufgelistet nach abhängigen und unabhängigen Variablen. Die Anordnung ist dem Aufnahmemanual nachempfunden.

	Variablen	Einheit
Abhängige Variable	Tannenanzahl bis 15 cm Höhe	Ja/nein
Unabhängige Variablen	Anzahl Samenbäume bis 50 m	Zählraten
	Jungbäume < 1,3 m Höhe	%
	(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe	%
	Kräuter	%
	Him- und Brombeere	%
	Gräser, Adlerfarn	%
	Moose, Flechten	%
	Totholz > 10 cm	%
	Astmateriale (lebend und tot)	%
	Lebendholz	%
	Streu, offener Boden	%
	Fels, Schutt	%

Im Modell wurde gegen die Hinzunahme der mittleren Höhe der Bodenvegetation entschieden, da diese durch die Anwendung **aller** vorgekommenen Bodenbedeckungsarten schon enthalten ist. Die abhängige Variable „Tannenanzahl bis 15 cm Höhe“ wurde für die logistische Regression in eine nominale Skala umgewandelt. Das heißt, dass die jeweilig gemessene Anzahl in „nicht vorhanden“ bzw. „vorhanden“ (kurz: 0 und 1 oder ja/nein) eingeteilt wurde. Die unabhängige Variable „Anzahl Samenbäume bis 50 m“ wurde durch Aufsummierung der beiden Kategorien „Anzahl Samenbäume bis 30 m Entfernung“ und „Anzahl Samenbäume 30 bis 50 m Entfernung“ berechnet. Diese Variable wurde allerdings im Gegensatz zu den Teilflächen (16-mal pro Probefläche) nur einmal pro Probefläche erfasst. Es wird somit unterstellt, dass die Anzahl der Samenbäume bis 50 m Entfernung auf jeder Teilfläche gleich ist. Durch die symmetrisch verteilte Anordnung der Teilflächen ist diese Annahme gerechtfertigt.

Mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson wurden die unabhängigen Variablen auf Korrelation überprüft. Als Schwellenwert für den Korrelationskoeffizienten wurde $r^2_{\max} = \pm 0,7$ gewählt. Bei Übertretung dieses Wertes würde eine der entsprechenden unabhängigen Variablen entfernt werden. Durch anschließende Rückwärtselimination wurden nicht-signifikante Variablen entfernt. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 0,05$ gewählt. Für die

Validierung des Modells wurde das Pseudo- R^2 nach Nagelkerke angewandt; für die berechneten Wahrscheinlichkeiten des Modells für das Vorkommen von Tannenverjüngung wurde ein Trennwert von 0,5 festgelegt. Werte über bzw. unter dieser Grenze wurden entsprechend mit 0 (nicht vorhanden) bzw. 1 (vorhanden) klassifiziert und mit den beobachteten Werten verglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Übersicht Maßnahmen und Tannenverjüngung

Durch das in Kapitel 2.2 beschriebene Auswahlverfahren kamen insgesamt 60 ausgewählte Zaunflächen zustande. Mit den Probeflächen außerhalb des Zauns verdoppelt sich die Anzahl auf 120 untersuchte Flächen. Diese sind im ganzen Bezirk Reutte verteilt aufzufinden, mit Ausnahme von drei Flächen im Südwesten (siehe Abb. 11). Die durchschnittliche Zaungröße betrug ca. 605 m², dabei wurden mit einer Probeflächengröße von 200 m² bzw. 150 m² im Schnitt ca. 38 % der Zaunflächen erhoben. Auf lediglich zwei von 60 Zäunen (ca. 3 %) wurde das kleinere Probeflächenschema von 150 m² angewandt.

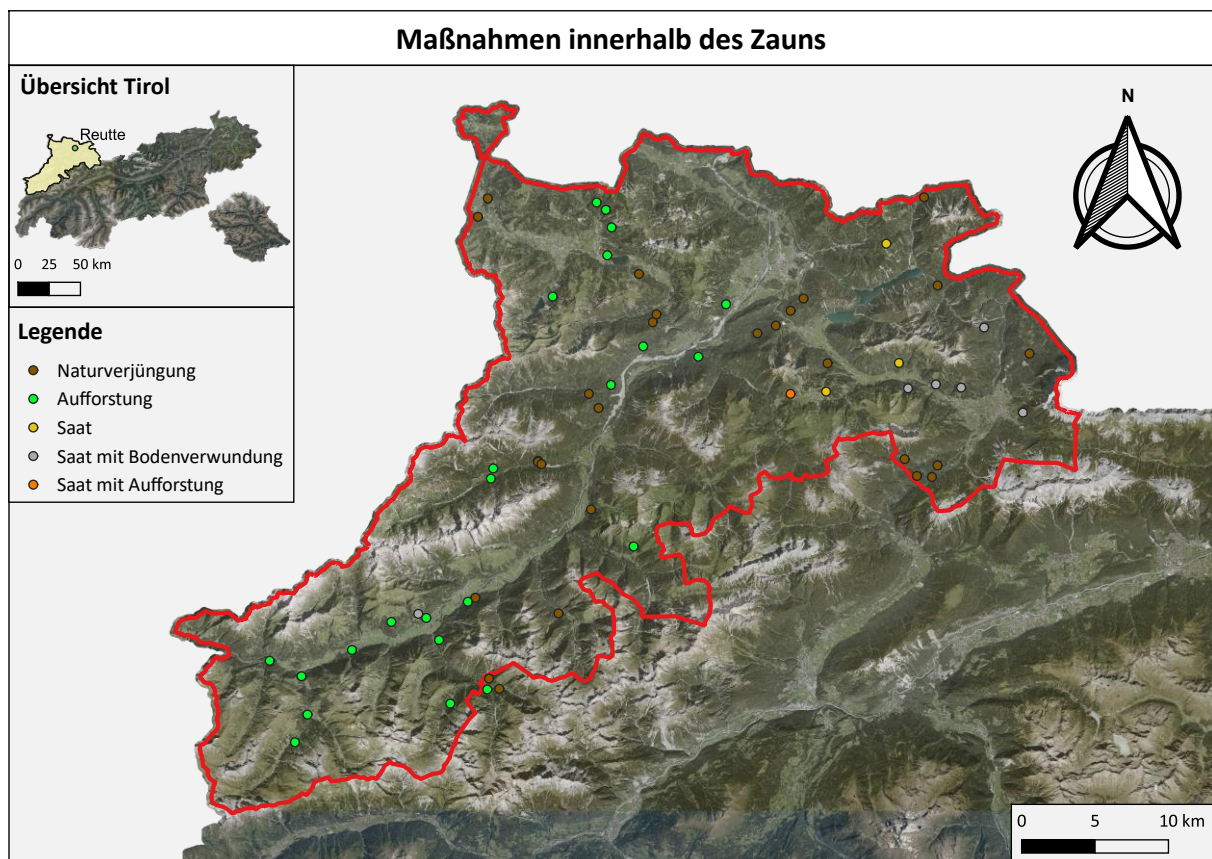


Abb. 11: Aufgenommene Zaunflächen und Maßnahmen im Überblick (n = 60)

Auf dem Großteil dieser Zaunflächen wurde auf Naturverjüngung gesetzt (auf 45 % der Flächen), dicht gefolgt von Aufforstungen (ca. 38 %). Hinzu kamen „Saat mit Bodenverwundung“ (10 %), „Saat“ (5 %) bzw. „Saat mit Aufforstung“ (rund 2 %) (siehe Abb. 11 und Abb. 12). Letztere Maßnahme bildete dabei eine Ausnahme. Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, sollten an sich nur jene Zaunflächen ausgewählt werden, auf denen nur eine Maßnahme getätigt worden ist, um den Erfolg bzw. Misserfolg eindeutig einer Maßnahme

zuordnen zu können. Bei dieser Fläche hat sich aber erst zum Aufnahmezeitpunkt herausgestellt, dass eine Saat mit Aufforstung gemacht worden war.

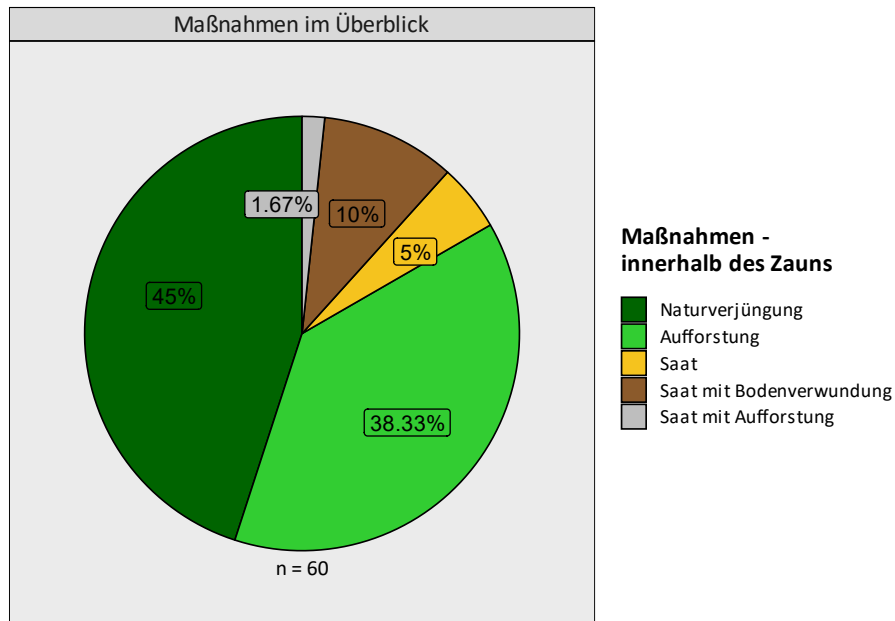


Abb. 12: Relative Häufigkeit der getätigten Maßnahmen auf den Zaunflächen (n = 60)

Um den Erfolg des gesamten Projekts zu quantifizieren, wurde zunächst der IST-Zustand erhoben. Unabhängig von den Maßnahmen und der Höhenklasse der Tannen wurde zunächst untersucht, auf wie vielen Flächen die Tanne überhaupt vorkommt. In Abb. 13 ist zu sehen, dass auf 18 % der Probeflächen innerhalb des Zauns keine Tanne gefunden wurde.

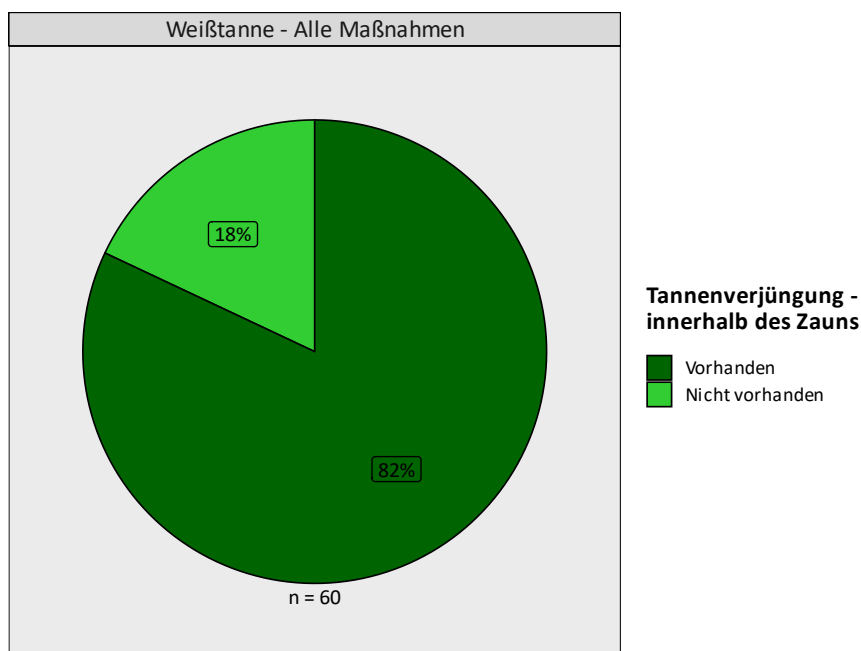


Abb. 13: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen (n = 60)

Im Kontrast dazu stehen die Zahlen außerhalb des Zauns. Hier wurde auf 55 % der Probeflächen keine Tannenverjüngung gefunden.

Wird nun zusätzlich die Dimension der Pflanzenhöhe betrachtet, ergibt sich folgendes Bild: In Abb. 14 ist zu sehen, dass mit zunehmender Höhe auch das Vorhandensein der Tanne zunimmt und dann in der Höhenklasse „50 – 80 cm“ wieder abnimmt. Man beachte den Bereich 15 – 30 cm bzw. 30 – 50 cm: Hier ist eindeutig der Effekt der getätigten Aufforstungen zu sehen. Im Vergleich mit den Probeflächen außerhalb des Zauns ist in diesen Höhenklassen auch der deutlichste Unterschied zu erkennen. Denn auf diesen Probeflächen wurde in der Höhenklasse „15 – 30 cm“ nur auf 13 % bzw. in der Höhenklasse „30 – 50 cm“ nur auf 15 % der Probeflächen Tannenverjüngung vorgefunden.

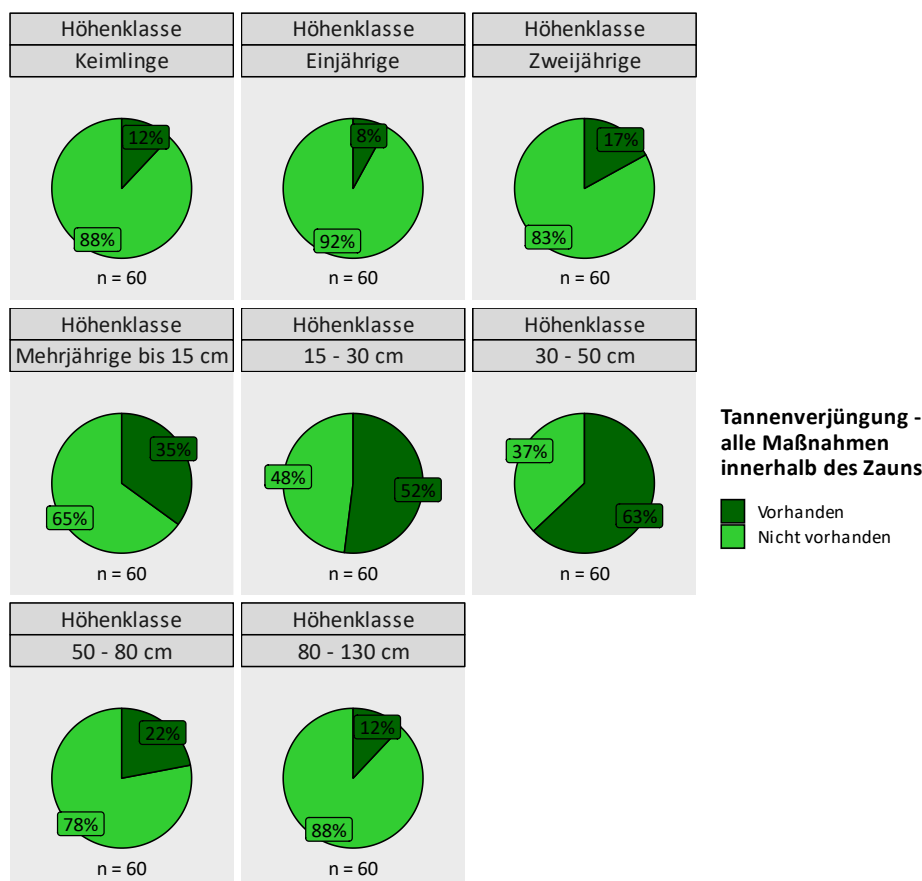


Abb. 14: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen, eingeteilt nach Höhenklassen (n = 60)

Um sich nicht nur auf das bloße Vorhandensein von Tannenverjüngung zu beschränken, wurden auch Hektarwerte für die Tanne berechnet. Gemittelt über alle 60 Zaunflächen konnten rund 4.500 Tannen pro Hektar gefunden werden. Im Median sind es ca. 1.288 Tannen pro Hektar. Es wurde zusätzlich eine Unterscheidung in Höhenklassen gemacht. Abb. 15 zeigt

dabei die mittlere Tannenanzahl pro Hektar in der entsprechenden Höhenklasse innerhalb des Zauns. Der Median wurde entsprechend mit einem Sternchen markiert.

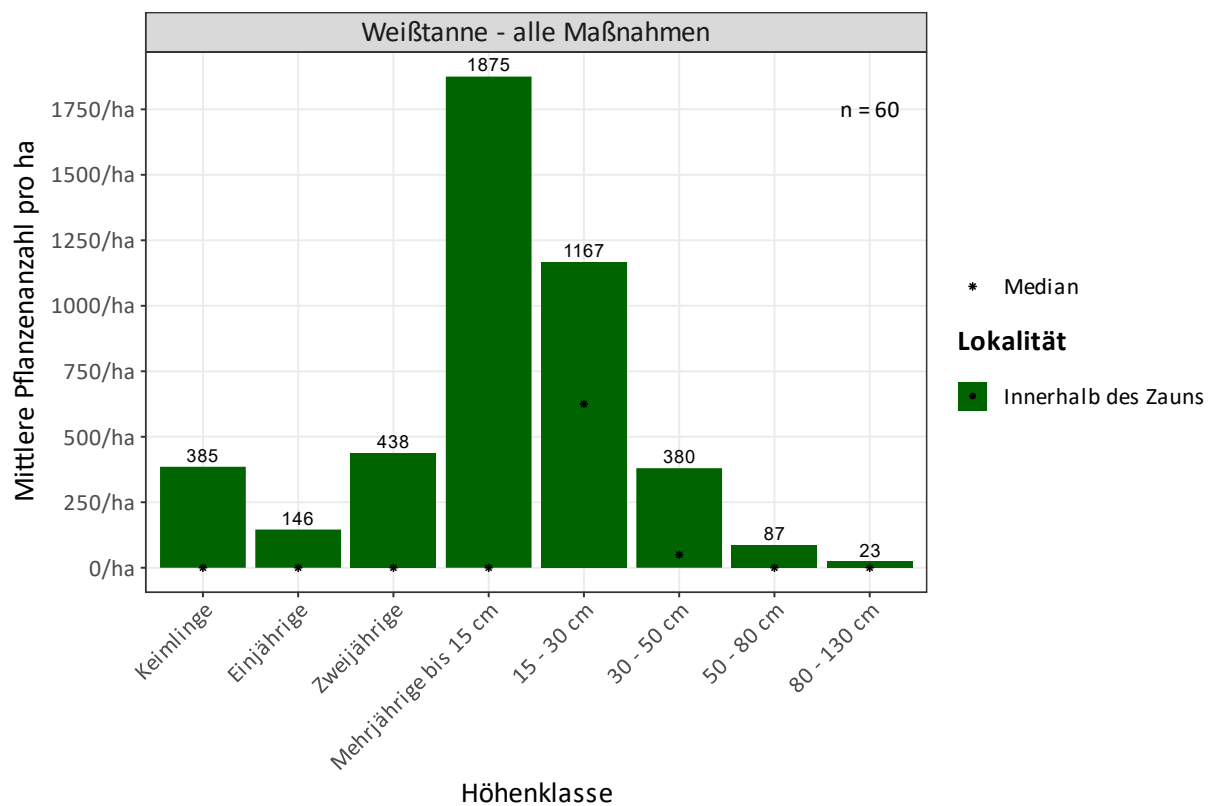


Abb. 15: Mittlere Tannenanzahl pro Hektar innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen, eingeteilt nach Höhenklassen (n = 60)

Auch hier ergibt sich ein ähnliches Bild wie vorhin. Die Tannenanzahl nimmt hin zu den mittleren Höhenklassen in der Anzahl zu und dann wieder ab.

3.2 Baumartenanteile – im Altbestand und in der Verjüngung

Eine andere Herangehensweise, den Effekt des Zauns und der Maßnahmen im Hinblick auf die Verjüngung darzustellen, ist ein Vergleich der Verteilung der Baumarten im Altbestand und in der Verjüngung (siehe Abb. 16).

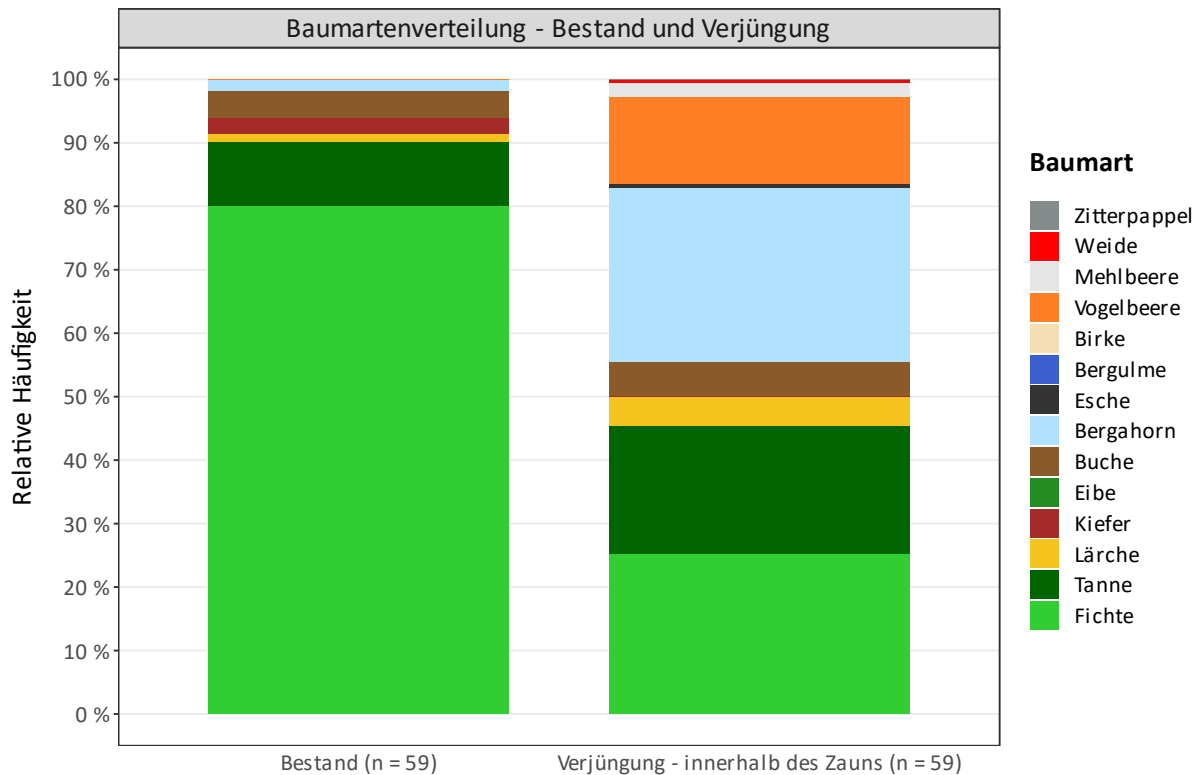


Abb. 16: Die Baumartenanteile - Altbestand und Verjüngung (n = 59)

Die Flächenanzahl beträgt aufgrund einer statistischen Bereinigung (Ausreißer) in diesem Fall 59 statt 60. Es lässt sich deutlich erkennen, wie der ehemals hohe Fichtenanteil (ca. 80 %) im Altbestand auf ca. 25 % in der Verjüngung reduziert wird, hin zu einem Mischwald. Auch die Tannenaufforstung macht sich bemerkbar, hier wurde der Anteil von ca. 10 % im Altbestand auf ca. 20 % erhöht. Relativ gesehen konnte der Bergahorn den meisten Zuwachs in der Verjüngung verzeichnen. Dieser steigert sich vom Altbestand (ca. 2 %) auf ca. 28 %. Die genaue Entwicklung ist Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Baumartenanteile im Altbestand und in der Verjüngung innerhalb des Zauns (n = 59)

Baumart	Bestand [%]	Verjüngung [%]
Fichte	80,01	25,24
Tanne	10,08	20,05
Lärche	1,22	4,69
Kiefer	2,55	0,12
Eibe	0	0,01
Buche	4,3	5,27
Bergahorn	1,82	27,51
Esche	0	0,55
Bergulme	0	0,03
Birke	0	0,02
Vogelbeere	0,02	13,69
Mehlbeere	0	2,29
Weide	0	0,41
Zitterpappel	0	0,12

3.3 Maßnahmen im Vergleich

Wurde bisher das gesamte Projekt betrachtet, soll nun auch auf den Erfolg bzw. Misserfolg einzelner Maßnahmen bei anschließendem Vergleich der Tannenanzahl eingegangen werden.

3.3.1 Auswirkung von Maßnahmen auf das Tannenvorkommen

Dazu wird das Vorhandensein der Tannenverjüngung nach der jeweils im Zaun getätigten Maßnahme eingeteilt und in Abb. 17 veranschaulicht.

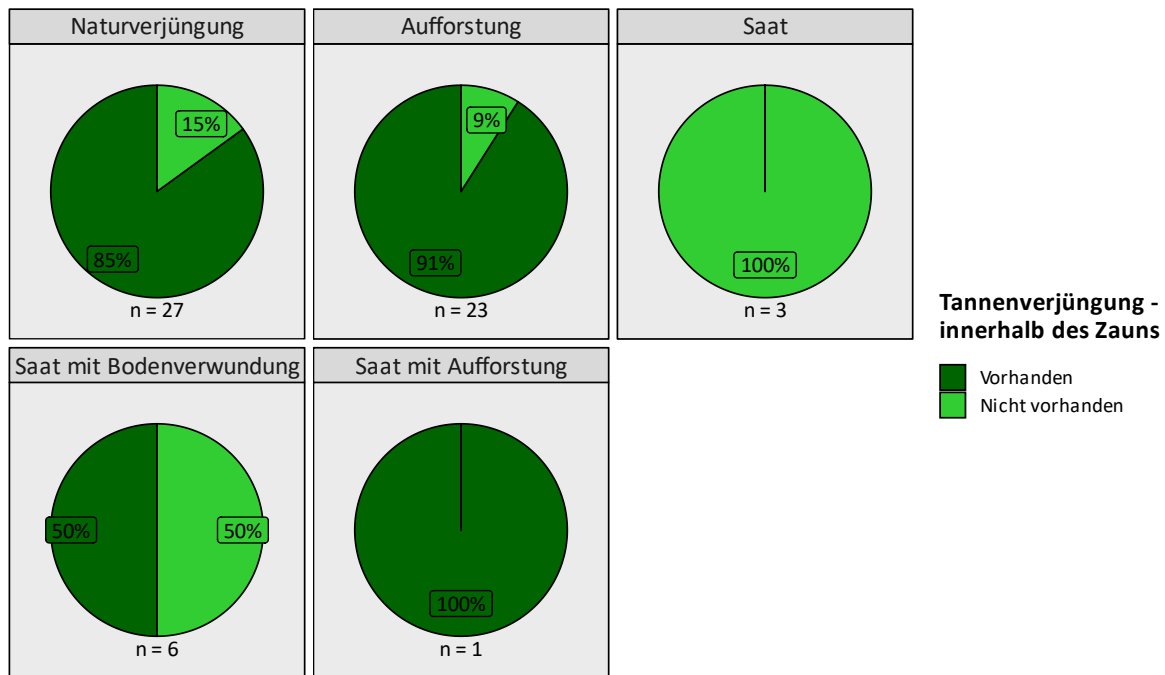


Abb. 17: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns - eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns

Auf der Fläche „Saat mit Aufforstung“ (n = 1) wurde Tannenverjüngung gefunden. Auf den restlichen Flächen hat die Maßnahme „Aufforstung“ den größten Erfolg erzielt. Gefolgt von „Naturverjüngung“, „Saat mit Bodenverwundung“ und „Saat“. Die Stichprobenanzahlen sind bei „Aufforstung“ und „Naturverjüngung“ am höchsten. Die Kriterien für den Erfolg der Maßnahmen „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ wurden in Kapitel 2.4.2 erläutert. In Abb. 18 ist ein Beispiel für eine erfolgreiche Saat innerhalb des Zauns zu sehen.



Abb. 18: Plätzesaat in Berwang (verändert nach BFI Reutte, 2021b)

Natürlich ist es auch möglich, dass die durch Aussaat erzielte Tannenverjüngung von der Naturverjüngung mitbestimmt ist. Daher erfolgte zudem eine Analyse nach eventuell vorhandenen Samenbäumen. Der Radius für das Vorhandensein von Samenbäumen beträgt 50 m vom Probeflächenmittelpunkt.

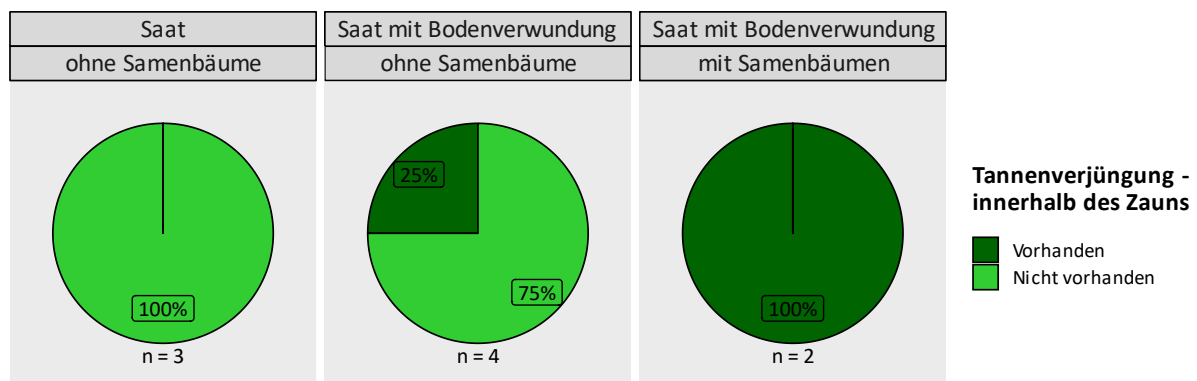


Abb. 19: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns - eingeteilt nach Maßnahmen und Samenbäumen

In Abb. 19 wird der Einfluss der vorhandenen Samenbäume bis 50 m Entfernung deutlich. So wird der Unterschied zwischen Flächen mit „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ ohne Vorhandensein von Samenbäumen auf 25 % reduziert. Während „Saat mit Bodenverwundung“ mit vorhandenen Samenbäumen eine hundertprozentige Erfolgsquote aufweist.

3.3.2 Maßnahmen - Tannenanzahl

Das größte Potenzial hinsichtlich der Anzahl der Tannen innerhalb des Zauns bieten Naturverjüngungsflächen (siehe Tab. 5 und Abb. 20).

Tab. 5: Gerundete Tannenanzahl pro Hektar der einzelnen Maßnahmen im Vergleich

Maßnahme	Mittelwert [n/ha]	Median [n/ha]	Maximum [n/ha]	Minimum [n/ha]	Probeflächen- anzahl
Naturverjüngung	7933	1975	37350	0	27
Aufforstung	1701	800	6350	0	23
Saat mit Bodenverwundung	1883	1588	4375	0	6
Saat	117	0	350	0	3
Saat mit Aufforstung	5050	5050	5050	5050	1

Auf Naturverjüngungsflächen wurden im Mittel 7933 Tannen pro Hektar gezählt, im Maximum sogar 37350 Tannen pro Hektar. Die Aufforstungsflächen weisen einen Mittelwert von 1701 Tannen pro Hektar und ein Maximum von 6350 Tannen pro Hektar auf. Die Maßnahme „Saat“ hatte nach den im Kapitel 2.4.2 genannten Kriterien keinen Erfolg, da wie in Abb. 21 ersichtlich, die jeweilige Anzahl in den Höhenklassen „30 – 50 cm“ und „80 – 130 cm“ in dieser kurzen Zeit nicht von der 2018 durchgeführten Saat kommen kann.

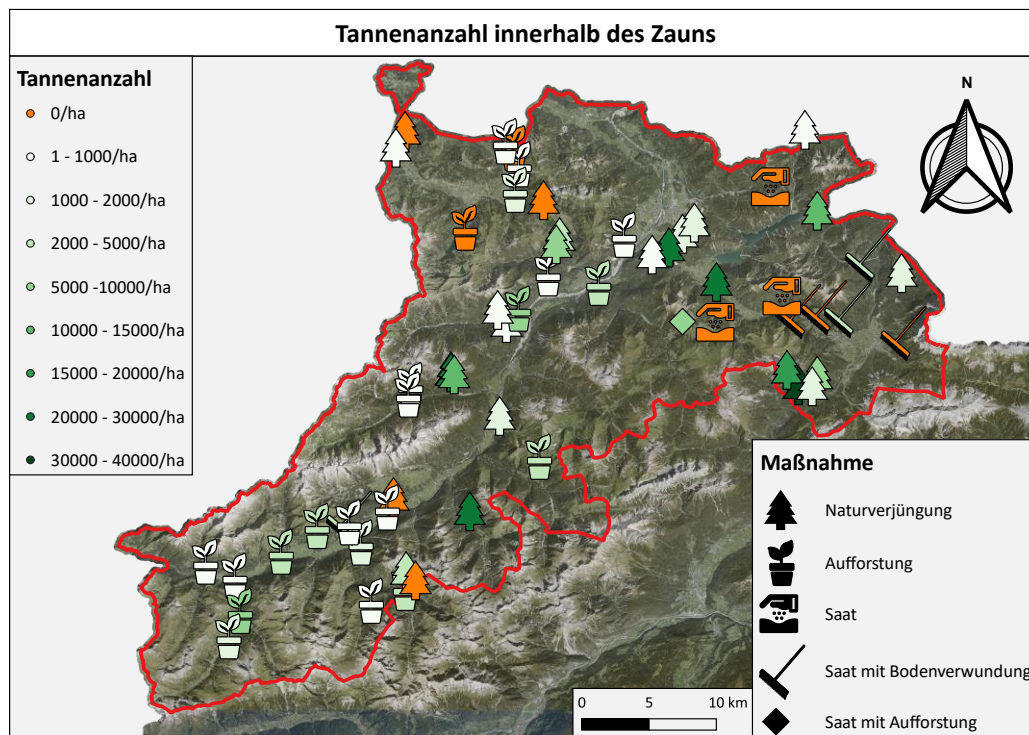


Abb. 20: Die Tannenanzahl innerhalb des Zauns – eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns, ohne Berücksichtigung der Pflanzenhöhe (Probeflächenanzahl n = 60)

Jedoch müssen die Höhenklassenschwerpunkte der einzelnen Maßnahmen ebenfalls berücksichtigt werden. Die Tannen auf den Aufforstungsflächen rangieren hauptsächlich entsprechend der Pflanzhöhe zum Pflanzzeitpunkt und darüber hinaus; das bedeutet, hauptsächlich im Bereich von 15 – 30 bzw. 30 – 50 cm Höhe, während bspw. Flächen mit „Saat mit Bodenverwundung“ bis max. 15 cm Höhe rangieren (Saat hat 2018 stattgefunden). Bekanntlich nimmt die Anzahl pro Höhenklasse mit zunehmender Höhe wieder ab. Daher soll Abb. 21 auch die Mittelwerte der jeweiligen Maßnahme und Höhenklasse veranschaulichen.

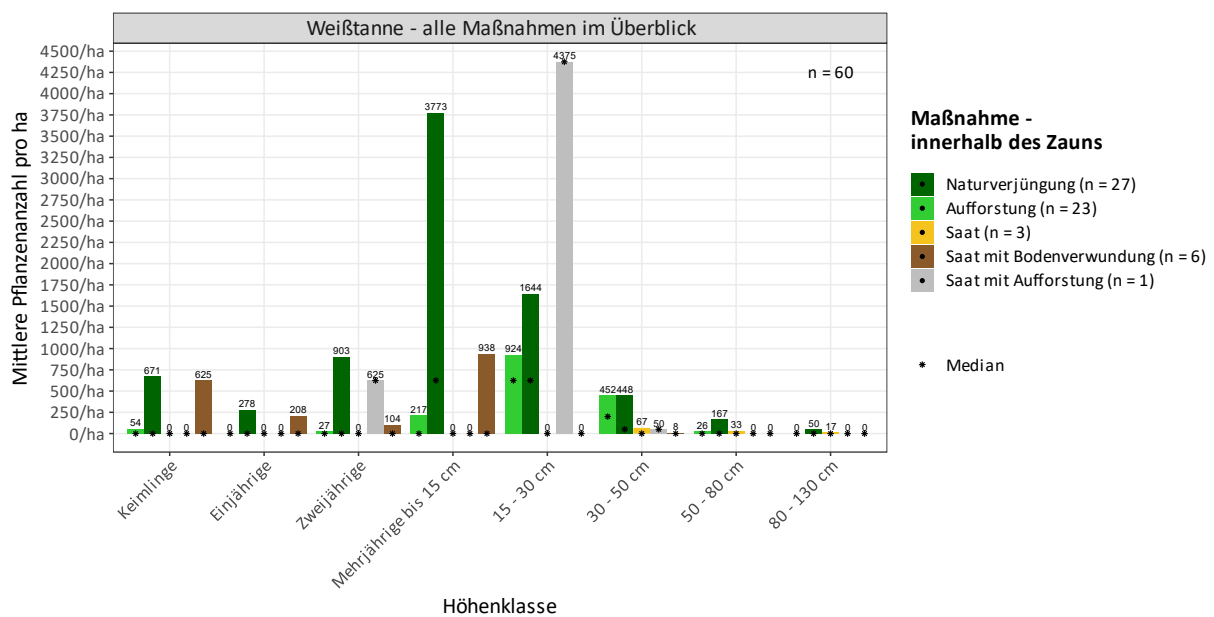


Abb. 21: Mittlere Tannenanzahl pro Hektar - eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns und Höhenklassen (Probeflächenanzahl n = 60)

Den größten Mittelwert in einer Höhenklasse weist hier die Maßnahme „Saat mit Aufforstung“ auf. Die Stichprobenanzahl ist hier allerdings auf eine einzige Fläche beschränkt. Ansonsten kann die Maßnahme „Naturverjüngung“ die größten Mittelwerte in nahezu allen Höhenklassen vorweisen, gefolgt von den Aufforstungsflächen. Letztere rangieren eben, wie schon erwähnt, hauptsächlich in den Höhen zum Pflanzzeitpunkt und darüber hinaus.

3.4 Vergleiche innerhalb und außerhalb des Zauns

Wurde in den vorigen Kapiteln 3.1 und 3.2 hauptsächlich die Maßnahmen innerhalb des Zauns analysiert, sollten nun Effekte des Zauns auch auf die Stammzahlen, Verjüngungshemmnisse, Vitalität, Mortalität, etwaige Schädigungen, Verbiss und auf den Höhenzuwachs gezeigt werden.

3.4.1 Stammzahlen – alle Baumarten

Zunächst wurden die Stammzahlen unabhängig von der Baumart innerhalb und außerhalb des Zauns verglichen. Sowohl im Mittel als auch beim Median sind diese innerhalb des Zauns größer (siehe Tab. 6).

Tab. 6: Gerundete Stammzahlen pro Hektar innerhalb und außerhalb des Zauns im Vergleich (Probeflächenanzahl jeweils $n = 22$)

Baumart	Probefläche	Mittelwert [n/ha]	Median [n/ha]
Alle	Innerhalb des Zauns	35638	25950
Alle	Außerhalb des Zauns	25603	21950

Aufgrund der nicht gegebenen Normalverteilung der Daten wurde ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, um die Pflanzenanzahl pro Hektar innerhalb und außerhalb der Zäune zu vergleichen. Eine Transformation der Daten (logarithmieren, Kehrwertbildung) führte zu keiner Normalverteilung. Der Test konnte allerdings keine signifikanten Unterschiede feststellen ($U = 275$, $p = 0,22$).

Weiters sollten auch die Höhenklassen untersucht werden. Dazu wurden wiederum die Stammzahlen unabhängig der Baumart innerhalb und außerhalb des Zauns pro Höhenklasse verglichen (siehe Abb. 22).

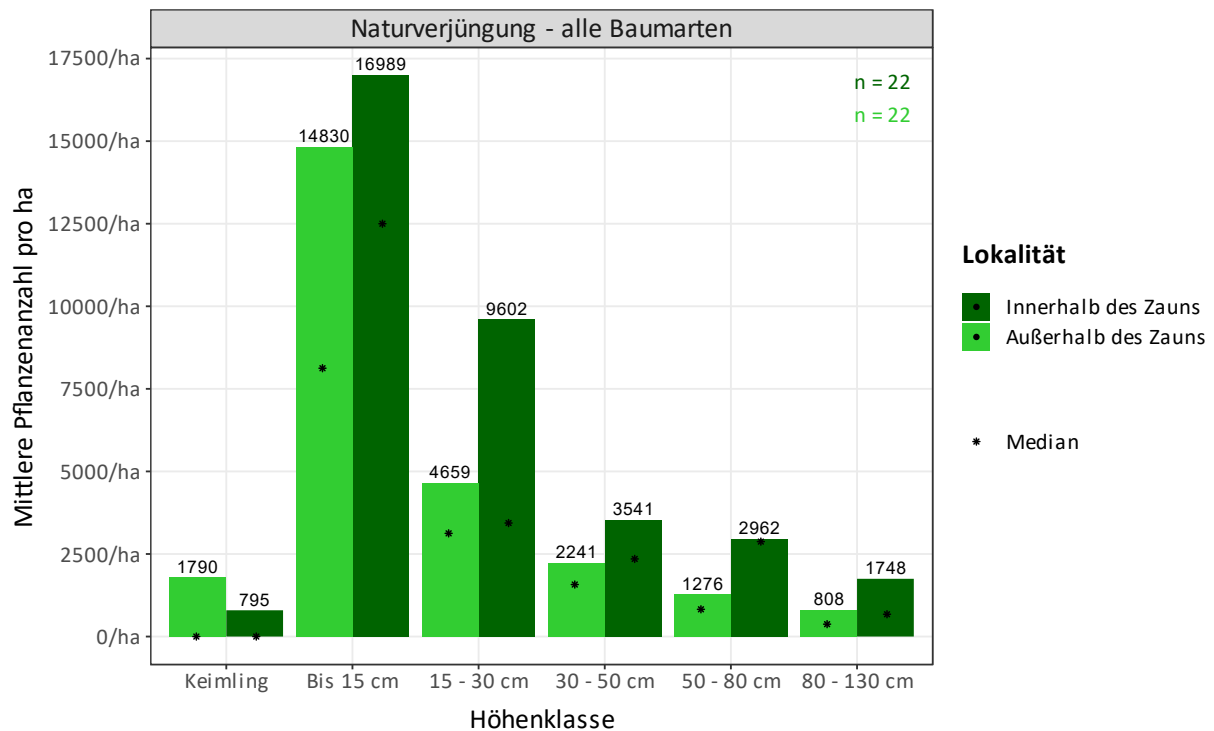


Abb. 22: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns unabhängig von der Baumart (Probeflächenanzahl jeweils $n = 22$)

Sowohl die Mittelwerte als auch die Mediane der Stammzahlen sind innerhalb des Zauns größer als außerhalb des Zauns (jeweils $n = 22$). Einzige Ausnahme bildet hier die Höhenklasse „Keimlinge“, welche im Mittel höhere Zahlen außerhalb als innerhalb des Zauns aufweist. Im Median ist diese Höhenklasse mit den Probeflächen innerhalb des Zauns gleichauf (0 Tannen pro ha). Auch hier zeigte sich ab der Höhenklasse „Bis 15 cm“ ein graduell abnehmender Verlauf mit zunehmender Höhe. In Abb. 23 zeigt sich, wie drastisch die Unterschiede innerhalb und außerhalb des Zauns rein optisch ausfallen können. Dabei handelt es sich um eine komplett unbehandelte Fläche, es wurde auf Naturverjüngung gesetzt.



Abb. 23: Vergleichsfoto zwischen Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns in Elmen. Die Unterschiede in der Pflanzenanzahl sind allein durch optische Begutachtung deutlich erkennbar.

Es wurde ebenso ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Und es ließ sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Stammzahlen innerhalb und außerhalb des Zauns in den Höhenklassen „50 – 80 cm“ und „80 – 130 cm“ finden (siehe Tab. 7). Mit zunehmender Höhe verringert sich auch der p-Wert.

Tab. 7: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - unabhängig der Baumart und eingeteilt nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils $n = 22$)

Baumart	Höhenklasse	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Alle	Keimling	234	0,595	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Alle	Bis 15 cm	237,5	0,547	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Alle	15 - 30 cm	253,5	0,398	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Alle	30 - 50 cm	282	0,177	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Alle	50 - 80 cm	348,5	0,006**	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Alle	80 - 130 cm	329,5	0,020*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig

3.4.2 Stammzahlen – Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten

Bei der Unterscheidung nach Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten zeigt sich, ohne eine Einteilung von Höhenklassen vorzunehmen, ein differenziertes Bild (siehe Abb. 24). Die Einteilung der einzelnen Baumarten in den verschiedenen Gruppen ist in Kapitel 2.4.4 zu finden.

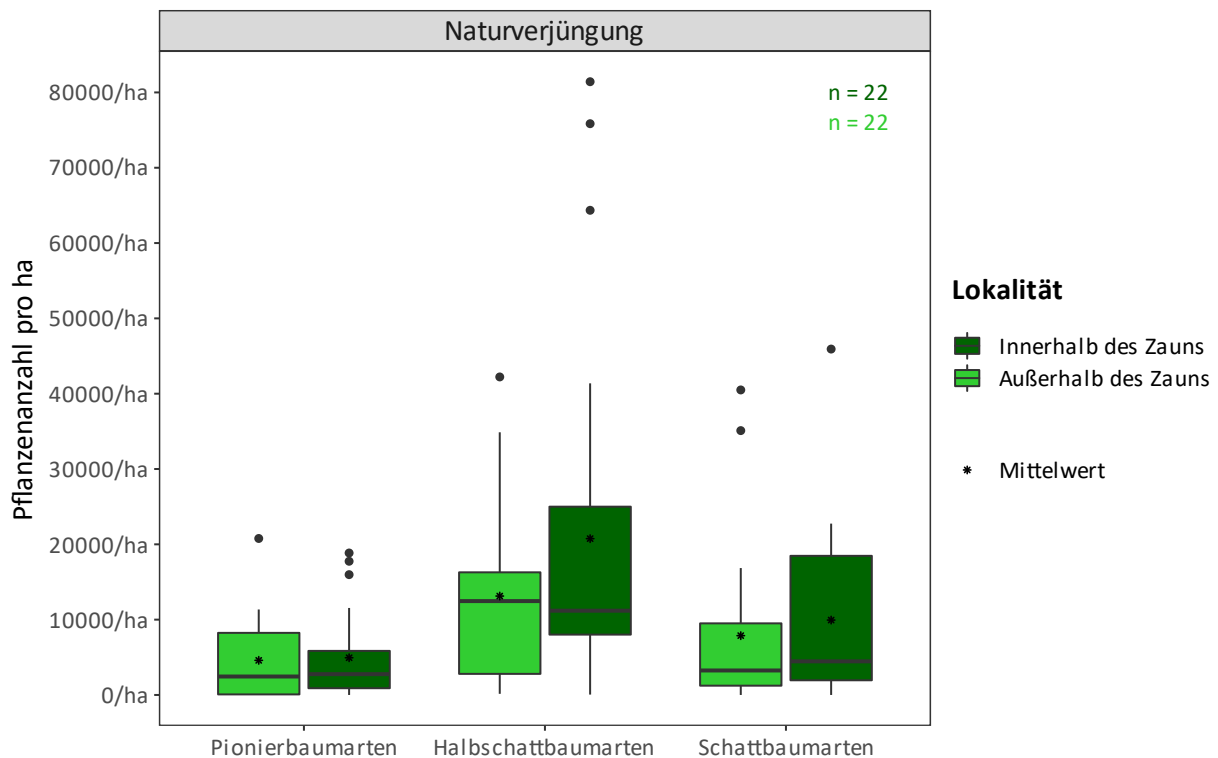


Abb. 24: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns – eingeteilt nach Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Während die Mittelwerte der Stammzahlen innerhalb des Zauns in allen drei Gruppen größer als außerhalb des Zauns sind, ist der Median bei den Halbschattbaumarten innerhalb des Zauns geringer. Weiters konnte der Mann-Whitney-U-Test keine signifikanten Unterschiede innerhalb und außerhalb des Zauns bei irgendeiner Baumartengruppe feststellen (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - eingeteilt nach Baumartengruppen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '***'; 0,01 '**' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Baumartengruppe	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Halbschattbaumarten	258	0,358	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	265,5	0,294	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	277	0,209	Mann-Whitney-U-Test	einseitig

Es wurde auch noch zusätzlich eine Einteilung nach Höhenklassen vorgenommen (siehe Abb. 25). Hier zeigt sich, dass sich bei den Halbschattbaumarten die Höhenklasse „Bis 15 cm“ außerhalb des Zauns stark von jener innerhalb des Zauns unterscheidet, was auch durch den größeren Median außerhalb des Zauns in Abb. 24 ersichtlich wird. Absolut betrachtet weisen

die Halbschattbaumarten die größten Stammzahlen auf. Danach reihen sich die Schattbaumarten und schließlich die Pionierbaumarten ein.

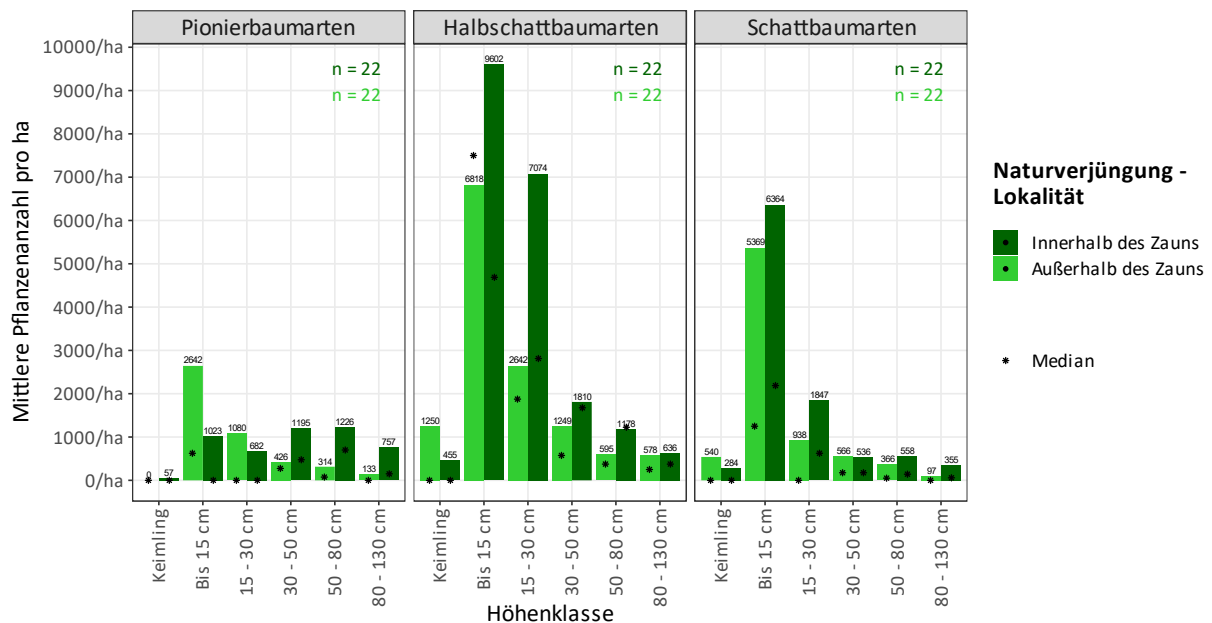


Abb. 25: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns - eingeteilt nach Baumartengruppen und Höhenklassen (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Auch bei der zusätzlichen Unterscheidung nach Höhenklassen wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, um signifikante Unterschiede innerhalb und außerhalb des Zauns, eingeteilt nach den Baumartengruppen, feststellen zu können (siehe Tab. 9). Ein signifikanter Unterschied war lediglich bei den Pionierbaumarten bzw. Halbschattbaumarten in den Höhenklassen „50 – 80 cm“ und „80 – 130 cm“ feststellbar.

Tab. 9: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test – eingeteilt nach Baumartengruppen und Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Baumartengruppe	Höhenklasse	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Halbschattbaumarten	Keimling	224	0,716	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Halbschattbaumarten	Bis 15 cm	232,5	0,593	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Halbschattbaumarten	15 - 30 cm	290	0,13	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Halbschattbaumarten	30 - 50 cm	289	0,137	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Halbschattbaumarten	50 - 80 cm	339,5	0,011*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Halbschattbaumarten	80 - 130 cm	317	0,039*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	Keimling	253	0,17	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	Bis 15 cm	200	0,86	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	15 - 30 cm	211	0,794	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	30 - 50 cm	306	0,066	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	50 - 80 cm	356	0,004**	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Pionierbaumarten	80 - 130 cm	331	0,014*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	Keimling	252	0,343	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	Bis 15 cm	262,5	0,317	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	15 - 30 cm	302,5	0,066	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	30 - 50 cm	252,5	0,406	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	50 - 80 cm	271,5	0,242	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Schattbaumarten	80 - 130 cm	302,5	0,062	Mann-Whitney-U-Test	einseitig

3.4.3 Stammzahlen - Tanne

Wurde zunächst zwischen Baumarten nicht unterschieden, dann nach Gruppen die Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten untersucht, so werden nun in einem weiteren Schritt – auf der Ebene der einzelnen Baumart – die Ergebnisse zur Tanne vorgestellt. Beim direkten Vergleich innerhalb und außerhalb des Zauns, ohne die Höhenklassen zu berücksichtigen, ist sowohl im Mittel als auch im Median eine höhere Tannenanzahl innerhalb des Zauns zu verzeichnen (siehe Tab. 10).

Tab. 10: Gerundete Tannenanzahl pro Hektar innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Baumart	Probefläche	Mittelwert [n/ha]	Median [n/ha]
Tanne	Innerhalb des Zauns	7608	1975
Tanne	Außerhalb des Zauns	5625	988

Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test konnte keinen signifikanten Unterschied erkennen ($U = 282,5$, $p = 0,17$).

In weiterer Folge wurde untersucht, ob sich in manchen Höhenklassen signifikante Unterschiede finden lassen. Da die Tanne aber eine detailliertere Aufnahme erfahren hat, werden hier die Höhenklassen „Einjährige“ bzw. „Zweijährige“ noch zusätzlich unterschieden. Diese detailliertere Aufschlüsselung zeigt, dass ab der Höhenklasse „Zweijährige“ bis zur Höhenklasse „80 – 130 cm“ im Durchschnitt pro Hektar höhere Werte innerhalb als außerhalb des Zauns zu verzeichnen sind (siehe Abb. 26). Hingegen ist der Median nur in den Höhenklassen „Mehrjährige bis 15 cm“, „15 – 30 cm“ und 30 – 50 cm“ innerhalb des Zauns größer 0. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass auf mehr als der Hälfte der Flächen innerhalb des Zauns die Anzahl der Tannen in den Höhenklassen „Keimlinge“, „Einjährige“, „Zweijährige“, „50 – 80 cm“, „80 – 130 cm“ 0 beträgt.

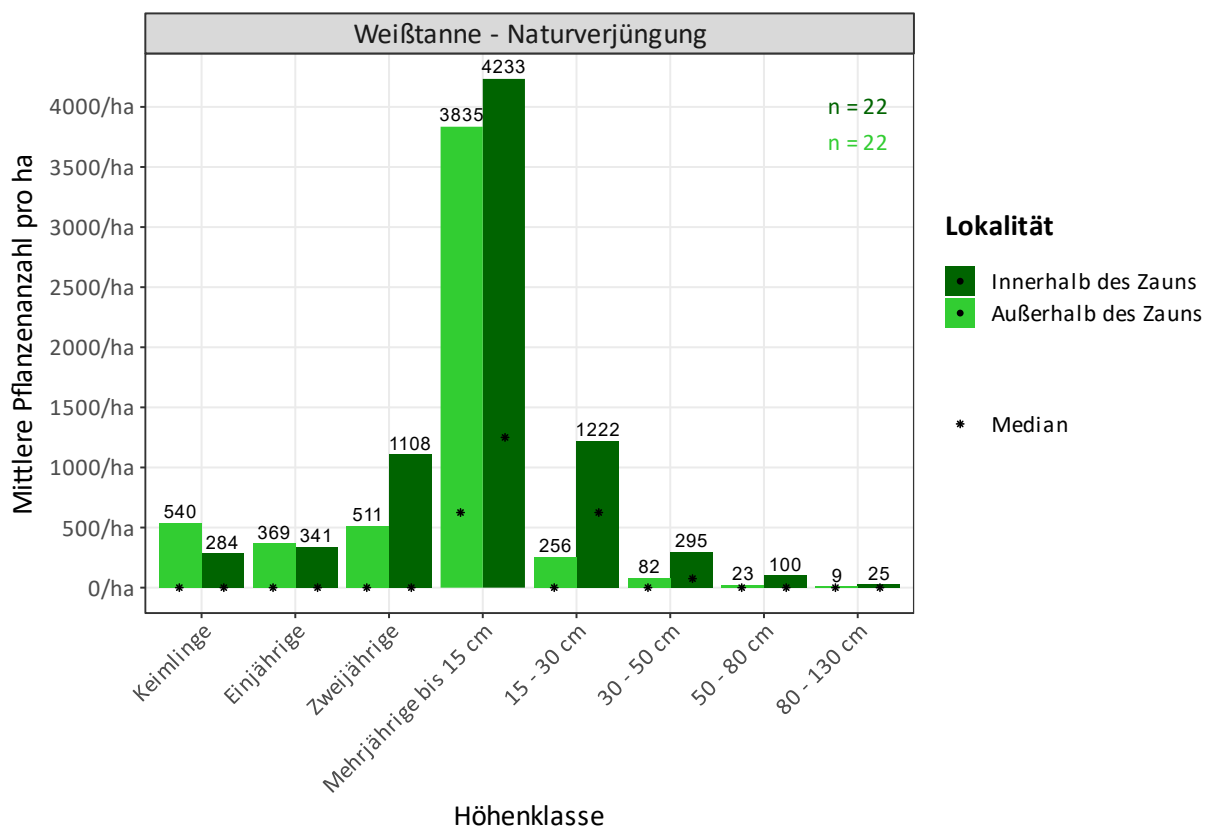


Abb. 26: Mittlere Tannennaturverjüngungsanzahl nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test zeigt signifikante Unterschiede in den Höhenklassen „15 – 30 cm“ und „30 – 50 cm“ (siehe Tab. 11).

Tab. 11: Stammzahlenvergleich der Tanne durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - zwischen Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)

Baumart	Höhenklasse	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Tanne	Keimlinge	252	0,34	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	Einjährige	221,5	0,75	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	Zweijährige	264	0,26	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	Mehrfährige bis 15 cm	249	0,44	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	15 - 30 cm	310,5	0,035*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	30 - 50 cm	326	0,016*	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	50 - 80 cm	288	0,09	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	80 - 130 cm	267	0,20	Mann-Whitney-U-Test	einseitig

3.4.4 Verjüngungshemmnisse

Nach dem Vergleich der Stammzahlen sollen in den nachfolgenden Kapiteln die möglichen Gründe für Unterschiede innerhalb und außerhalb des Zauns untersucht werden. Nachfolgende Abb. 27 listet dabei die Verjüngungshemmnisse für die Tanne innerhalb und außerhalb des Zauns auf (jeweils: n = 60 Zaunflächen). Dabei erweist sich sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zauns „Verkrautung/Vergrasung“ als maßgebliches Verjüngungshemmnis (62 % bzw. 60 %). Während innerhalb des Zauns die gutachterliche Schätzung bezüglich des Verjüngungshemmnisses „Schalenwildverbiss“ als gering eingestuft wird (2 %), so wird auf 37 % der Flächen außerhalb des Zauns „Schalenwildverbiss“ als Verjüngungshemmnis gesehen. Des Weiteren sind auf der Hälfte der Flächen innerhalb des Zauns (50 %) und auf nahezu jeder zweiten außerhalb des Zauns (45 %) keine Verjüngungshemmnisse zu verzeichnen. „Weide“, „Humusaufgabe/Rohboden“ und die restlichen Verjüngungshemmnisse scheinen dabei eine weniger wichtige Rolle zu spielen.

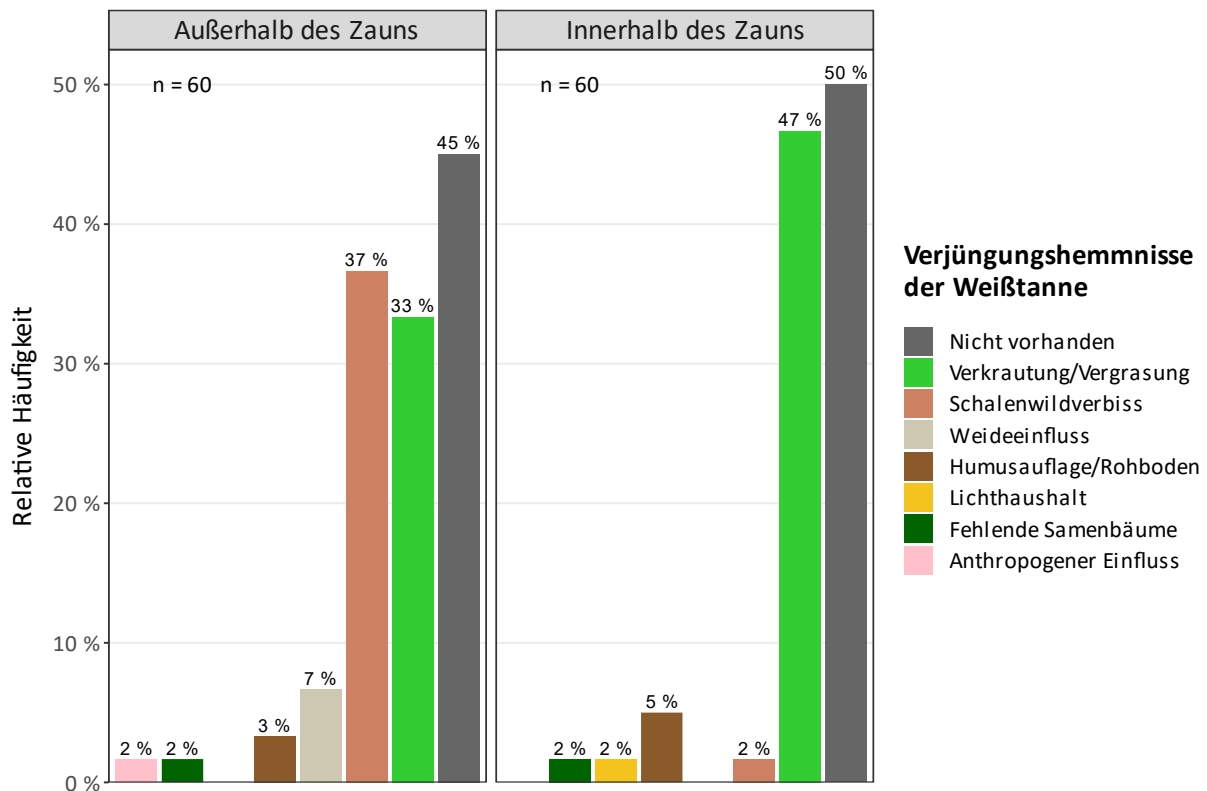


Abb. 27: Verjüngungshemmnisse der Tanne innerhalb und außerhalb des Zauns für alle Probeflächen und Maßnahmen (Probeflächenanzahl jeweils n = 60)

3.4.5 Vitalität

Bezüglich der Vitalität der Tannen innerhalb und außerhalb des Zauns konnte ein sichtbarer Unterschied festgestellt werden (siehe Abb. 28). Während innerhalb des Zauns 80,1 % der Tannen eine sehr gute Vitalität vorweisen konnten, sind dies bei Tannen außerhalb des Zauns nur mehr 58,3 %. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede ($U = 7549, p = 3,0e^{-4}$).

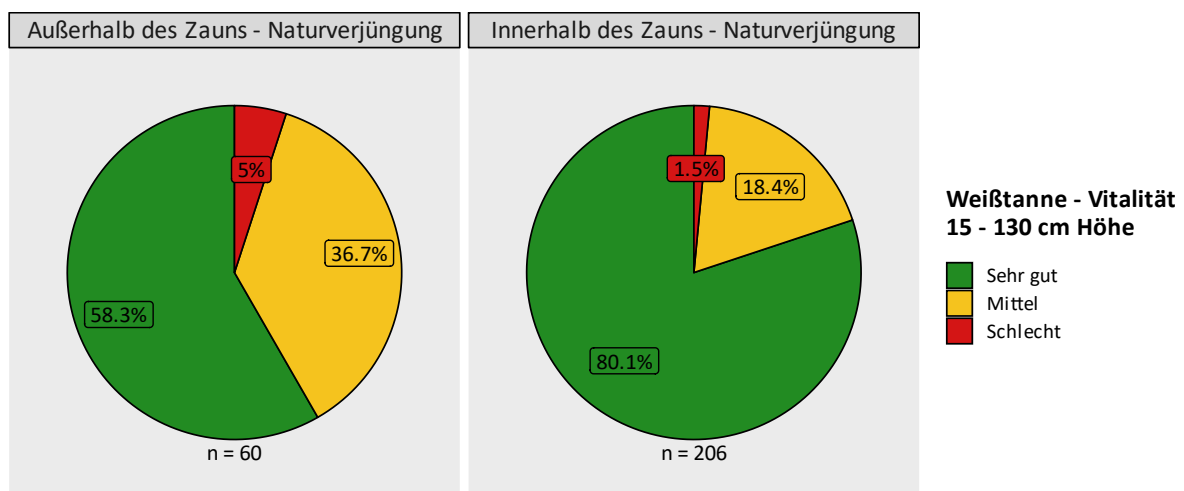


Abb. 28: Vitalität der Tannen aus Naturverjüngung, eingeteilt in "Sehr gut", "Mittel" und "Schlecht" – innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)

3.4.6 Mortalität

In weiterer Folge wurde auch die Mortalität der Tannen erfasst. Lediglich 2 % der Tannen außerhalb des Zauns wurden als tot klassifiziert. Innerhalb des Zauns konnten keine toten Tannenindividuen gefunden werden.

3.4.7 Schädigungen

Schäden können sich auf die Vitalität auswirken. Mögliche Einflüsse werden im Folgenden dargestellt und zunächst generell die Schäden innerhalb und außerhalb des Zauns verglichen (siehe Abb. 29).

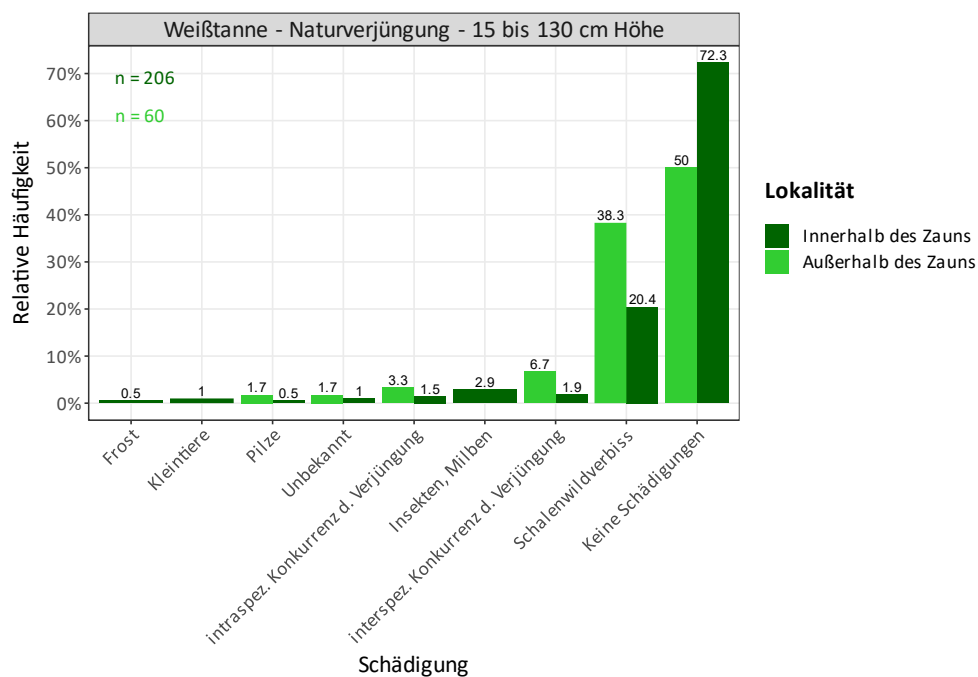


Abb. 29: Vorhandene Schäden an den Tannen aus Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)

Dabei werden Tannen, entstanden aus Naturverjüngung, von 15 bis 130 cm Höhe herangezogen und die Schäden in relativer Häufigkeit dargestellt. Während innerhalb des Zauns 72,3 % der Tannen keine Schäden aufwiesen, sind es bei Tannen außerhalb des Zauns nur 50 %. Die Schädigung „Schalenwildverbiss“ ist bei Tannen außerhalb des Zauns mit 38,3 % höher als innerhalb des Zauns (20,4 %). Anderweitige Schäden sind deutlich geringer vorgekommen und scheinen eine weniger gewichtige Rolle zu spielen.

3.4.8 Verbiss

Nach diesem Überblick über die vorhandenen Schädigungen, soll nun eine einzelne Beeinträchtigung näher beleuchtet werden, der Schalenwildverbiss. In Abb. 30 werden verbissene Tannen in Form des Verbissprozents innerhalb jenen außerhalb des Zauns gegenübergestellt.

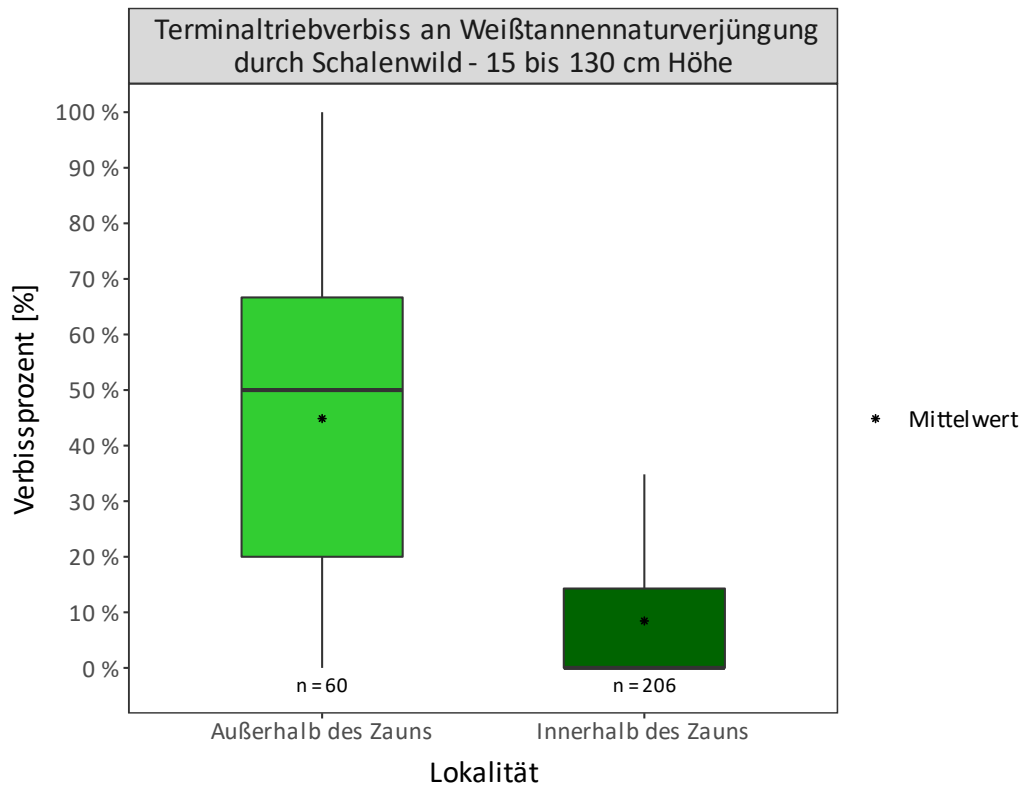


Abb. 30: Terminaltriebverbiss durch Schalenwild an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils $n = 9$; Pflanzanzahl innerhalb $n = 206$; Pflanzanzahl außerhalb $n = 60$)

Basierend auf den Ausführungen in Kapitel 2.4.1 wurden die Berechnungen anhand von Flächen durchgeführt, auf denen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zauns Tannenverjüngung vorhanden war (neun Standorte). Für jede Fläche wurden Verbissprozente ermittelt und hier dargestellt. Herangezogen wurden 15 – 130 cm hohe Tannen aus Naturverjüngung. Die Individuenanzahl innerhalb des Zauns beträgt 206 und außerhalb des Zauns 60 Tannen. Der Mittelwert als auch der Median zeigen deutlich höhere Verbissprozente auf den Flächen außerhalb des Zauns. Während im Mittel 8,45 % der Tannen innerhalb des Zauns verbissen worden sind, konnte bei den Tannen außerhalb des Zauns ein Verbissprozent von 44,87 % im Mittel nachgewiesen werden. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test zeigte signifikante Unterschiede ($U = 68$, $p = 0,008$).

Analog dazu ist in Abb. 31 das Verbissprozent der Seitentriebe dargestellt. Auch hier ist der Mittelwert innerhalb des Zauns geringer, während der Median mit 0 % (innerhalb des Zauns) und 4 % (außerhalb des Zauns) sich allerdings bedeutend angenähert hat. Die Schwankungsbreite des Verbissprozents ist außerhalb des Zauns mit einem Maximum bis zu 100 % allerdings bedeutend größer. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test konnte keine signifikanten Unterschiede feststellen ($U = 53, p = 0,122$).

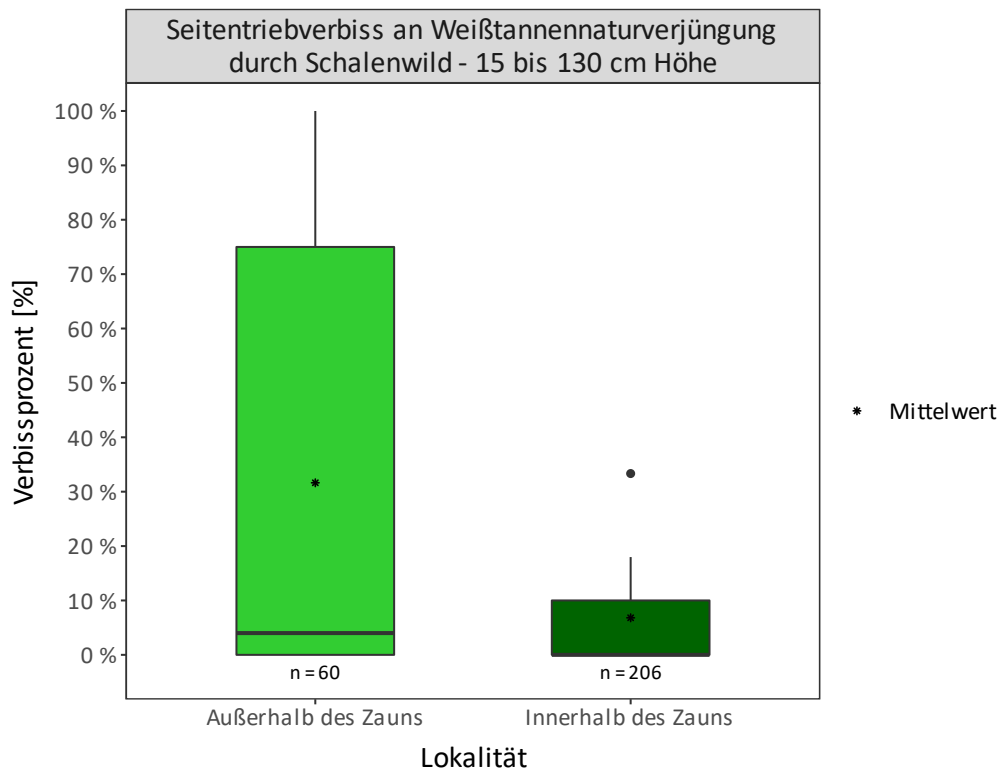


Abb. 31: Seitentriebverbiss durch Schalenwild an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils $n = 9$; Pflanzanzahl innerhalb $n = 206$; Pflanzanzahl außerhalb $n = 60$)

Ergänzend zur Unterscheidung, ob die Seitentriebe verbissen wurden oder nicht, sind die Verbissraten der Seitentriebe pro Pflanze abgeschätzt worden. Dabei hat sich herausgestellt, dass außerhalb des Zauns im Mittel 18,17 % und innerhalb des Zauns im Mittel 1,07 % der Seitentriebe pro Pflanze verbissen sind. Der einseitige Mann-Whitney-U-Test zeigt signifikante Unterschiede zwischen innerhalb und außerhalb des Zauns ($U = 7777, p = 4,83e^{-7}$).

Durch die zusätzliche Einteilung in Höhenklassen wird hinsichtlich der durchschnittlichen Seitentriebverbissrate ein Verlauf sichtbar (siehe Abb. 32).

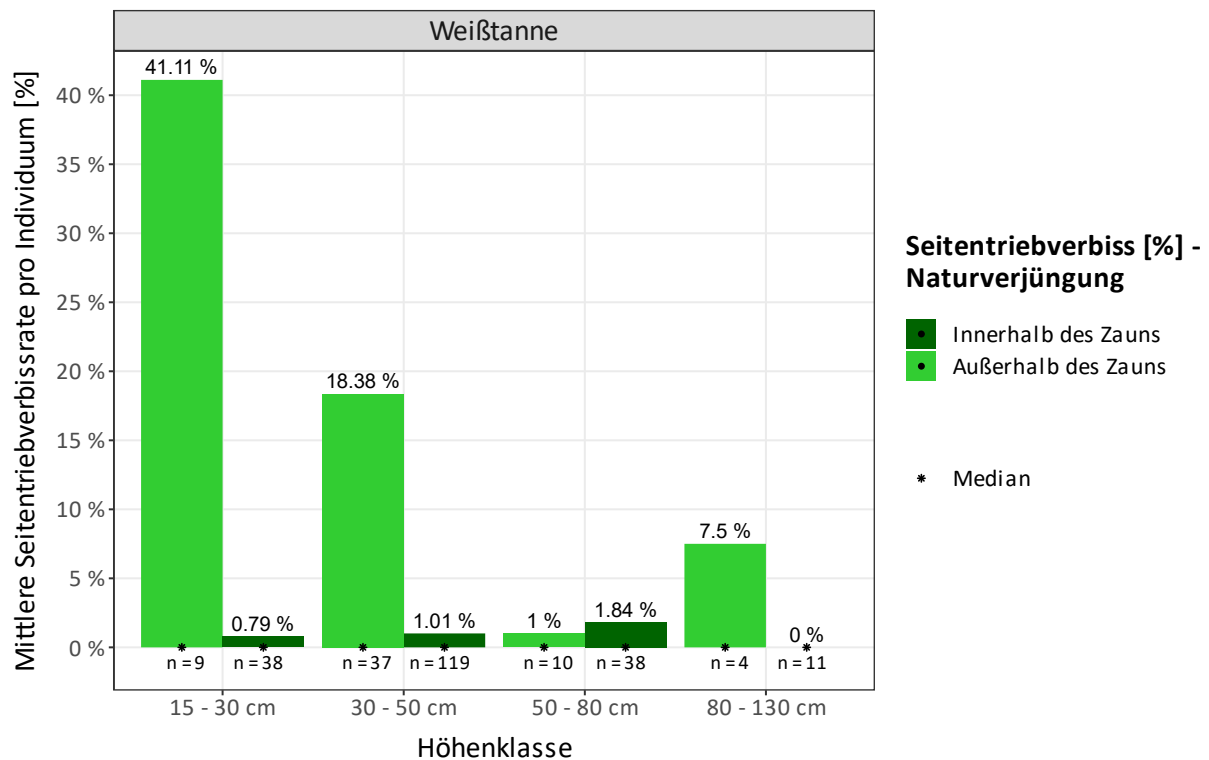


Abb. 32: Mittlere Seitentriebverbissrate an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns nach Höhenklassen (Probeflächenanzahl jeweils $n = 9$)

Während in der Höhenklasse „15 – 30 cm“ außerhalb des Zauns noch eine durchschnittliche Seitentriebverbissrate von 41,11 % zu verzeichnen ist, nimmt diese bis zur Höhenklasse „80 – 130 cm“ kontinuierlich ab. Lediglich die Höhenklasse „50 – 80 cm“ ist mit 1 % noch deutlich niedriger. Nichtsdestotrotz ist ein deutlicher Unterschied zwischen innerhalb und außerhalb des Zauns sichtbar. Hinsichtlich der Pflanzhöhe, ab welcher eine Pflanze verbissgefährdet ist, dürfte diese in einzelnen Fällen sogar unter 15 cm liegen (siehe Abb. 33).



Abb. 33: Verbissene, mehrjährige Tanne aus Naturverjüngung - etwas größer als eine 2-Euro-Münze

3.4.9 Relativer Höhenzuwachs

Da der Verbiss sich in weiterer Folge auch auf den (relativen) Höhenzuwachs der Tanne auswirkt, soll dieser ebenfalls untersucht werden. Wie sich dieser zusammensetzt, wurde in Kapitel 2.4.6 erläutert. Der Datensatz beinhaltet hier explizit auch geschädigte Pflanzen, da Unterschiede (u. a. durch Wildeinfluss) zwischen den Lokalitäten herausgearbeitet werden sollen. In Abb. 34 ist eine Gegenüberstellung des relativen Höhenzuwachses innerhalb und außerhalb des Zauns zu sehen.

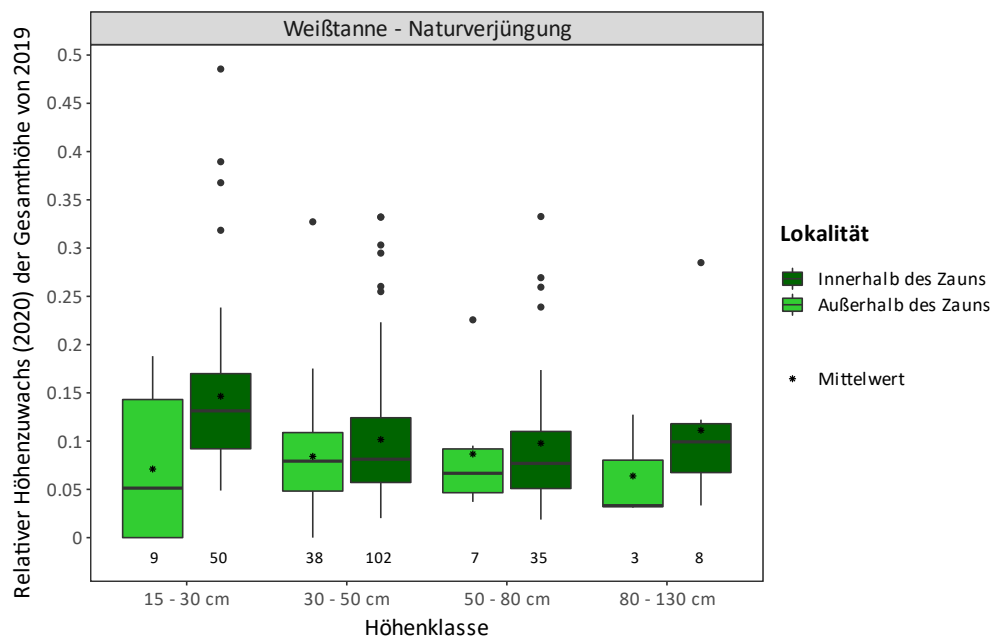


Abb. 34: Relative Höhenzuwächse der Tannen aus Naturverjüngung nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9)

Die Unterschiede im Höhenzuwachs zeigen sich in allen Höhenklassen. Im Median als auch im Mittelwert sind die relativen Höhenzuwächse innerhalb des Zauns größer als außerhalb des Zauns. Durch das strenge Auswahlverfahren der Daten sind die Stichprobenumfänge allerdings reduziert, dies macht sich insbesondere in den höheren Höhenklassen bemerkbar. In Tab. 12 sind die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zu sehen.

*Tab. 12: Relativer Höhenzuwachs der Tanne im Vergleich zwischen Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns – einseitiger Mann-Whitney-U-Test. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 9)*

Baumart	Höhenklasse	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Tanne	15 - 30 cm	109	0,007**	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	30 - 50 cm	1695	0,128	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	50 - 80 cm	109	0,330	Mann-Whitney-U-Test	einseitig
Tanne	80 - 130 cm	7	0,179	Mann-Whitney-U-Test	einseitig

Der einseitige Mann-Whitney-U-Test konnte allerdings nur signifikante Unterschiede in der Höhenklasse „15 – 30 cm“ feststellen.

3.5 Qualitative Vergleiche zwischen Aufforstung und Naturverjüngung

Ähnlich wie bei den Vergleichen innerhalb und außerhalb des Zauns werden hier die wichtigsten, für die Qualität entscheidenden Eigenschaften untersucht und zwischen Aufforstung und Naturverjüngung verglichen. Die Stammzahlen wurden schon in Kapitel 3.3.2 präsentiert.

3.5.1 Vitalität

Es wurde untersucht, ob sich die Tannen aus Naturverjüngung hinsichtlich der Vitalität von den Pflanzen aus der Aufforstung unterscheiden (siehe Abb. 35)

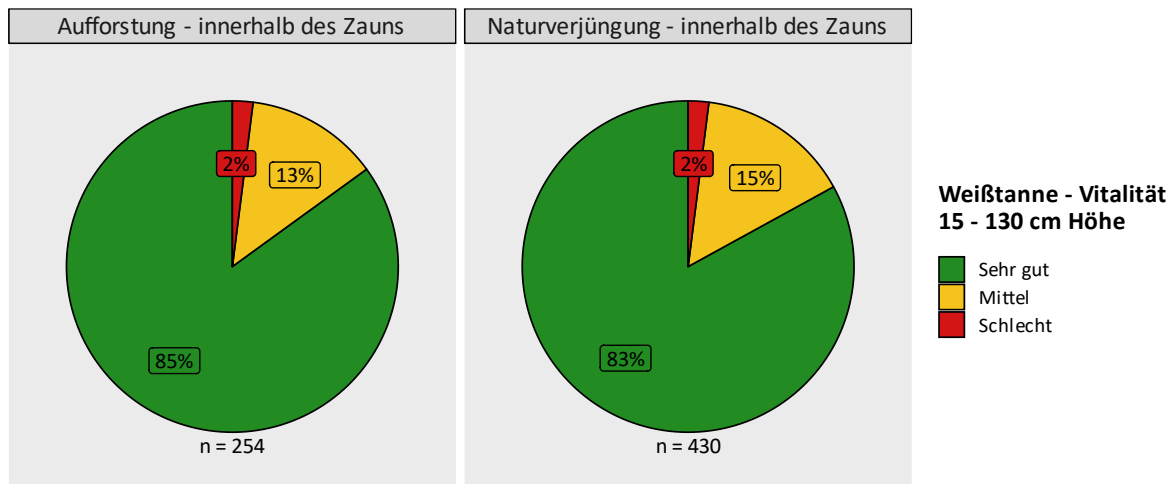


Abb. 35: Vitalität der Tanne, eingeteilt in "Sehr gut", "Mittel" und "Schlecht" – Naturverjüngung (Probeflächenanzahl $n = 19$; Pflanzanzahl $n = 430$) und Aufforstung (Probeflächenanzahl $n = 20$; Pflanzanzahl $n = 254$)

Die Unterschiede sind allerdings als gering einzustufen. Die Tannen der Aufforstung scheinen keinen Nachteil hinsichtlich der Vitalität zu haben. Der zweiseitige Mann-Whitney-U-Test zeigt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede an ($U = 53609$, $p = 0,53$).

3.5.2 Mortalität

Hinsichtlich der Mortalität unterscheiden sich die Naturverjüngung und die Aufforstung kaum. Nur 0,39 % der aufgeforsteten Pflanzen konnten tot vorgefunden werden. Bei Tannen aus Naturverjüngung sind keine toten Individuen zu verzeichnen.

3.5.3 Schädigungen

Auch bei den Schäden sollten Unterschiede zwischen Naturverjüngung und Aufforstung herausgearbeitet werden. 85,6 % der Tannen aus Naturverjüngung bzw. 84,3 % der Tannen aus der Aufforstung weisen keine Schäden auf. Beim Schalenwildverbiss sind es bei Tannen aus Naturverjüngung 10,2 % und bei jenen aus Aufforstungen 3,9 %. Als nennenswerter Unterschied ist noch die Schädigung „Pilze“ mit 0,2 % bzw. 5,5 % zu nennen (siehe Abb. 36).

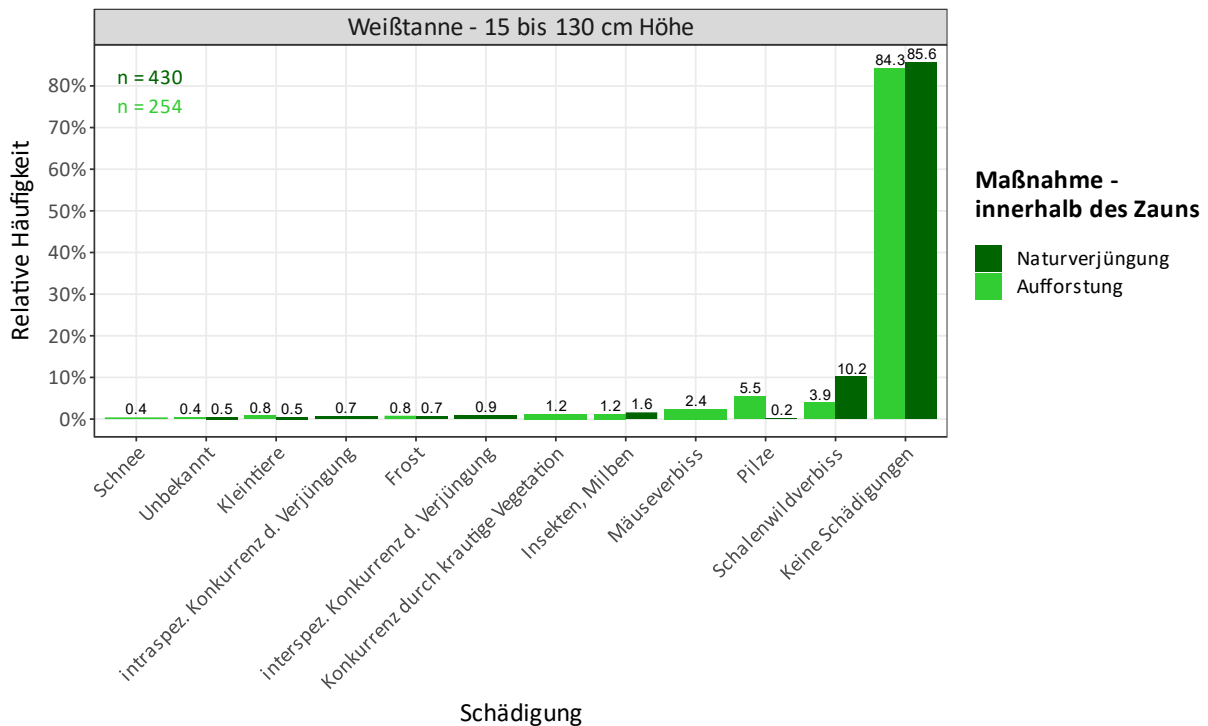


Abb. 36: Vorhandene Schäden an den Tannen aus der Naturverjüngung (Probeflächenanzahl $n = 19$; Pflanzanzahl $n = 430$) und Aufforstungen (Probeflächenanzahl $n = 20$; Pflanzanzahl $n = 254$)

3.5.4 Relativer Höhenzuwachs

Der relative Höhenzuwachs wurde ermittelt, um das Wachstum der aus Naturverjüngung stammenden Tannen den aufgeforsteten Tannen gegenüberzustellen (siehe Abb. 37). Bei den aufgeforsteten Tannen sind ausreichend Daten bis zur Höhenklasse „30 – 50 cm“ vorhanden. Es sind deutliche Unterschiede bei den relativen Höhenzuwächsen erkennbar.

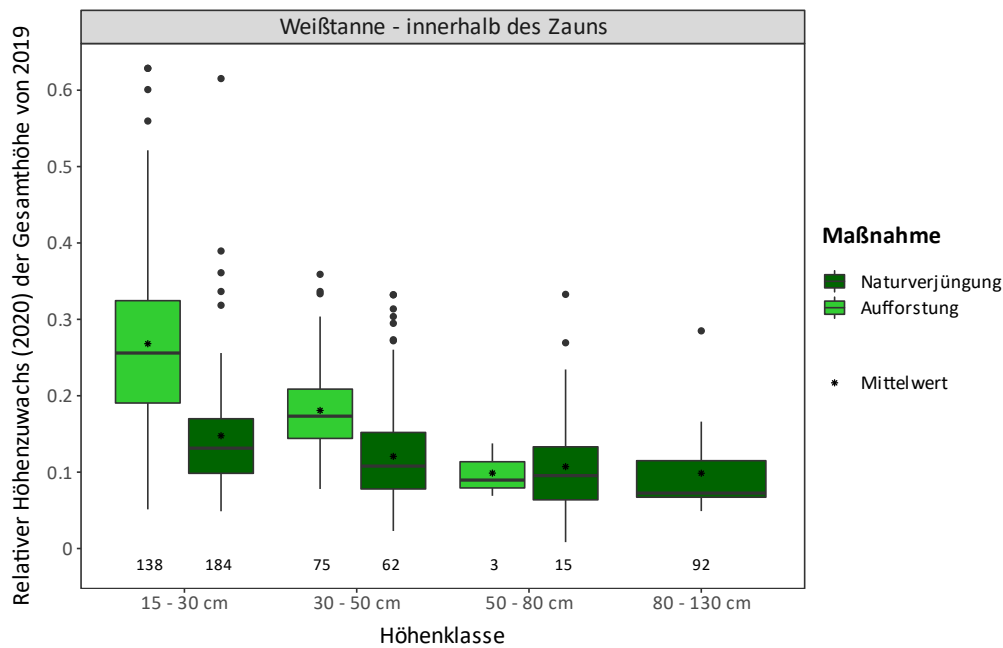


Abb. 37: Relativer Höhenzuwachs der Tannen aus der Naturverjüngung (Probeflächenanzahl $n = 19$) und Aufforstungen (Probeflächenanzahl $n = 20$) nach Höhenklassen

Ein zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test konnte signifikante Unterschiede in den Höhenklassen „15 – 30 cm“ und „30 – 50 cm“ zwischen den relativen Höhenzuwächsen der Naturverjüngung und der Aufforstung feststellen (siehe Tab. 13).

Tab. 13: Relativer Höhenzuwachs der Tanne nach Höhenklassen. Ein zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test vergleicht Naturverjüngung und Aufforstung der Tanne innerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 ‘***’, 0,001 ‘**’, 0,01 ‘*’ (Probeflächenanzahl Naturverjüngung $n = 19$; Probeflächenanzahl Aufforstung $n = 20$)

Baumart	Höhenklasse	U-Wert	p-Wert	Test	Methode
Tanne	15 - 30 cm	10849	$8,57 \cdot 10^{-20}***$	Mann-Whitney-U-Test	zweiseitig
Tanne	30 - 50 cm	10912,5	$2,17 \cdot 10^{-13}***$	Mann-Whitney-U-Test	zweiseitig
Tanne	50 - 80 cm	92	0,988	Mann-Whitney-U-Test	zweiseitig

3.5.5 Stufigkeit der Aufforstungen

Die Stufigkeit wurde als wichtiges Qualitätsmerkmal der aufgeforsteten Tannen untersucht. Die Pflanzen liegen größtenteils im vorgegebenen Rahmen von SCHMIDT-VOGT (1966). Lediglich einzelne Individuen haben im Verhältnis zur Höhe einen größeren Wurzelhalsdurchmesser. Die Ergebnisse sprechen für eine gute Qualität und ein ausgewogenes Verhältnis des Wurzelhalsdurchmessers und der Pflanzenhöhe. Der Schwerpunkt befindet sich eindeutig in der Mitte des Rahmens. Wenn Tannenindividuen derselben Höhe und mit demselben Wurzelhalsdurchmesser mehrfach gezählt wurden, so wurden diese stärker eingefärbt (siehe

Abb. 38). Angaben über die Bestandesnummer, Sortierung, Verweildauer im Saat- bzw. Verschulbeet können nicht gemacht werden, da diese nicht genauer bekannt sind. Die jeweiligen Herkünfte wurden allerdings nach Rücksprache mit der BFI Reutte entsprechend dem Wuchsgebiet und der Höhenstufe gewählt.

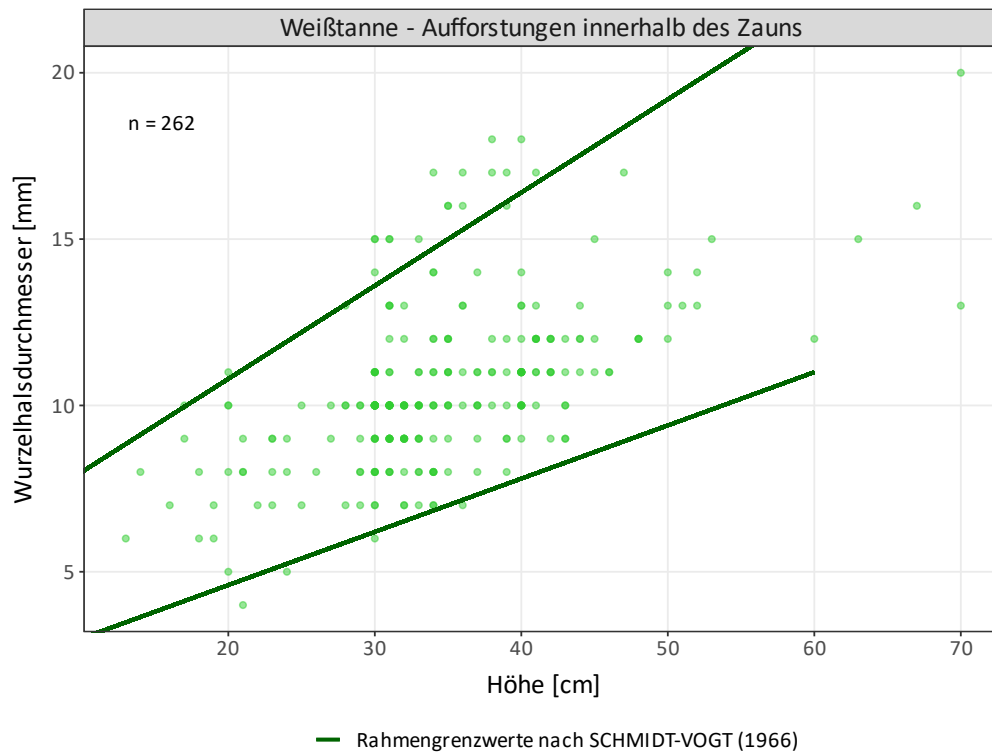


Abb. 38: Wurzelhalsdurchmesser und Höhe der aufgeforsteten Tannen inkl. Rahmengrenzwerte nach SCHMIDT-VOGT (1966) (Probeflächenanzahl $n = 22$; Pflanzanzahl $n = 262$)

3.6 Tannenverjüngung – mögliche Einflussgrößen

Das Aufkommen von Tannenverjüngung ist von den unterschiedlichsten Faktoren abhängig. Im Folgenden sollen einige Faktoren vorgestellt werden, die auch im multiplen logistischen Regressionsmodell zur Anwendung kamen. Die Auswertung der nachfolgenden Variablen für das multiple logistische Regressionsmodell fand auf Ebene der Teilflächen statt. Auf diesen wurde die Tannenanzahl bis zu einer Höhe von 15 cm erhoben. Daher ist diese Variable bis zu dieser Höhe begrenzt.

Der maßgeblichste Faktor für die natürliche Tannenverjüngung dürfte das Vorhandensein von Samenbäumen sein. In Abb. 39 ist die Korrelation zwischen der Anzahl der Samenbäume bis 50 m Entfernung und der mittleren Tannenanzahl bis 15 cm Höhe pro m² zu sehen ($R^2 = 0,66$; $n = 49$). Die Auswahl der Flächen ist am Ende in Kapitel 2.4.1 zu finden.

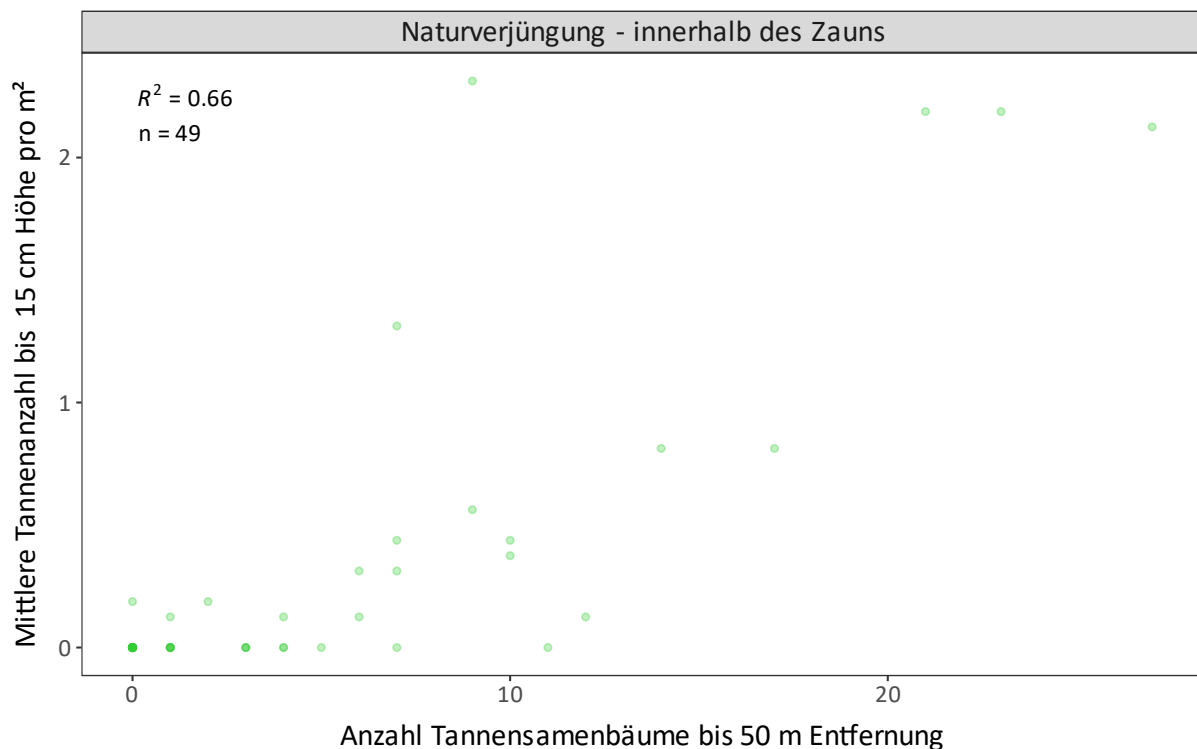


Abb. 39: Mittlere Tannennaturverjüngungsanzahl bis 15 cm Höhe pro m² und Tannensamenbäume bis 50 m Entfernung. Probeflächen mit gleicher Tannen- und Samenbaumanzahl haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl $n = 49$)

Wie aus der vorangegangenen Abb. 39 zu entnehmen ist, gibt es allerdings noch einige Zaunflächen, bei denen trotz Vorhandenseins von Samenbäumen bis 50 m Entfernung keine Tannen bis 15 cm Höhe zu finden sind.

Es kommen auch weitere Faktoren in Betracht, die diese Korrelation beeinflussen können. Die Bodenvegetation kann in Konkurrenz zur Tannenverjüngung auftreten und die Höhe kann als Maß dafür betrachtet werden. Aus ihr lassen sich bis zu einem bestimmten Grad auch einzelne Bodenvegetationstypen ableiten. In Abb. 40 ist die mittlere Höhe der Bodenvegetation [cm] in ein Verhältnis zur Tannenanzahl bis 15 cm Höhe gesetzt. Der Stichprobenumfang von $n = 784$ ergibt sich hier aus den erhobenen 16 Teilflächen bei 49 Zaunflächen. Es lässt sich erkennen, dass mit der zunehmenden mittleren Höhe der Bodenvegetation auch das Maximum der vorhandenen Tannenanzahl bis 15 cm Höhe sinkt. Wobei auch hier wiederum einige Teilflächen keine Tannenverjüngung vorweisen konnten.

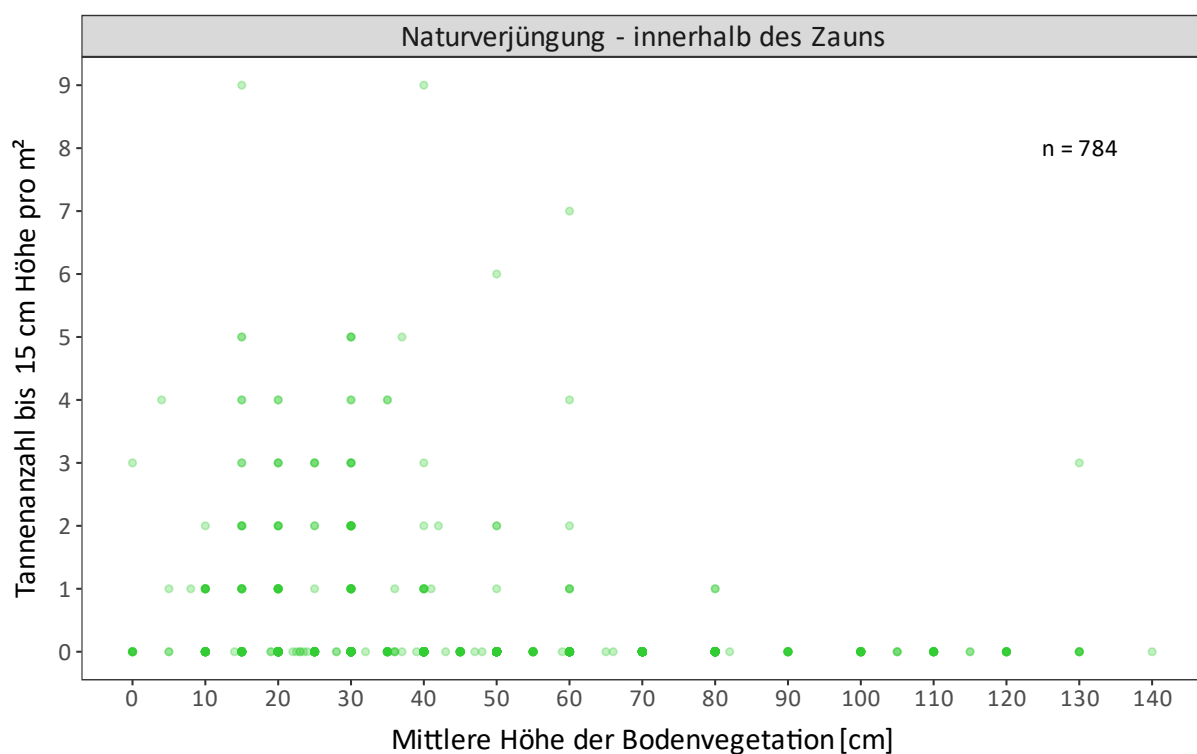


Abb. 40: Einfluss der mittleren Höhe der Bodenvegetation auf die Tannennaturverjüngung. Teilflächen mit gleicher Tannenanzahl und gleicher mittleren Höhe der Bodenvegetation haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl $n = 49$; Teilflächenanzahl $n = 784$)

Natürlich spielt nicht nur die mittlere Höhe der Bodenvegetation eine Rolle, sondern auch die Art der Vegetationskonkurrenz und deren Wuchsverhalten bzw. die Bodenbedeckungsart. Aus diesem Grund soll nun dieser Faktor vorgestellt werden. Zu sehen in Abb. 41 ist wiederum die Tannenanzahl bis 15 cm Höhe pro m² in Abhängigkeit der Bodenbedeckungsart [%]. Hier wird insbesondere in der Kategorie „Jungbäume bis 1,3 m“ und „Gräser, Adlerfarn“ deutlich, dass mit zunehmendem Anteil pro m² dieser Bodenbedeckungsart auch das Maximum der Tannenanzahl bis 15 cm pro m² zu sinken beginnt. Allerdings sind bei der Kategorie

„Jungbäume bis 1,3 m“ Flächen, auf denen gar keine Verjüngung gefunden werden konnte, weniger stark als bei der Kategorie „Gräser, Adlerfarn“ ausgeprägt. Bei der Bodenbedeckungsart „(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe“ scheint das Maximum konstant zu bleiben. Bei „Kräuter“ ist das Maximum der Tannenanzahl bis 15 cm Höhe gleichbleibend bis steigend bei zunehmendem Bodenbedeckungsanteil, während es bei „Gräser, Adlerfarn“ sowie „Jungbäume < 1,3 m Höhe“ zu sinken scheint. Allerdings weisen „Kräuter“ ebenso wie „Gräser, Adlerfarn“ einen relativ hohen Anteil an Flächen auf, auf denen keine Tannen gefunden werden konnten. Die Stichprobenanzahl ist allerdings im Vergleich zu den anderen Bodenbedeckungsarten größer.

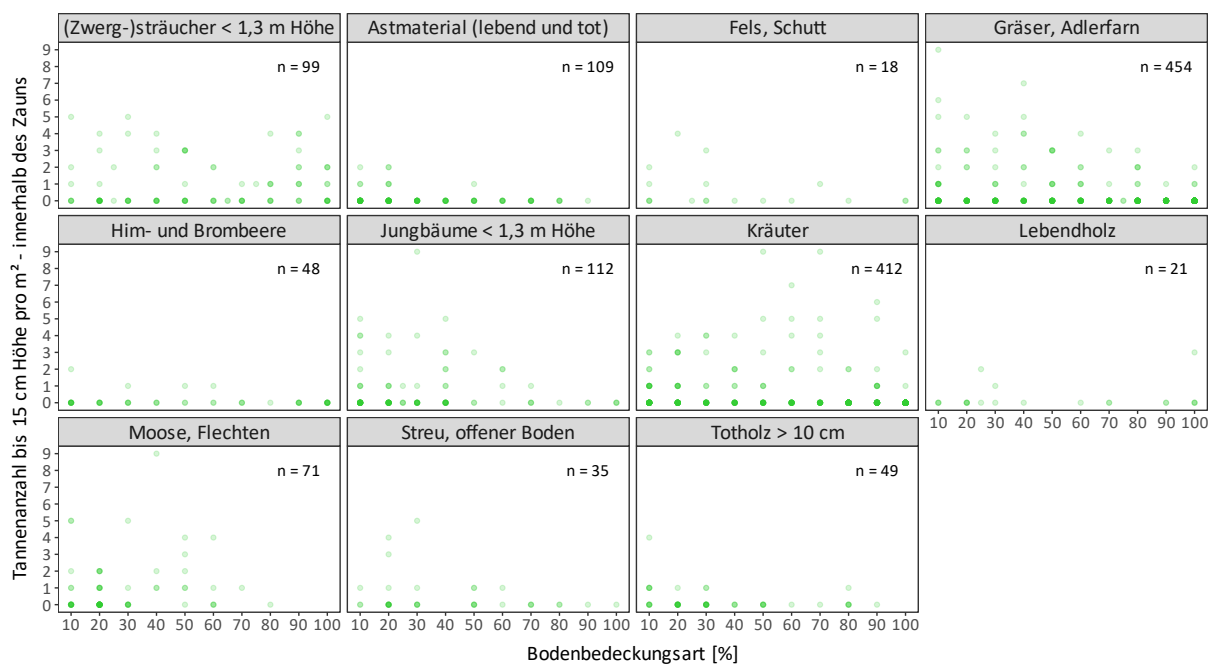


Abb. 41: Die Tannennaturverjüngungsanzahl bis 15 cm Höhe pro m² im Verhältnis zum Anteil einer Bodenbedeckungsart. Teilflächen mit gleicher Tannenanzahl und gleichem prozentualen Anteil der Bodenbedeckungsart haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl n =

Zur Veranschaulichung sind in Abb. 42 ausgewählte, typisch vorgekommene Bodenbedeckungsarten zu sehen.



Abb. 42: Von oben links nach rechts unten: (a) Vergrasung mit Adlerfarn, (b) Verkrautung, (c) Heidelbeerbewuchs, (d) Himbeerbewuchs, (e) Totholz, (f) felsiger Untergrund

3.6.1 Tannenvorkommen - dominierende Bodenbedeckungsarten

In dieser Arbeit wurden zwar die verschiedensten Bodenbedeckungsarten und ihre Flächenanteile pro Teilfläche in Verbindung mit der Tannenverjüngung erhoben, es wurde allerdings nicht konkret unterschieden, auf welcher Bodenbedeckungsart genau die Tannen pro Teilfläche vorkamen. Daher wurde auch die pro Teilfläche dominierende Bodenbedeckungsart bestimmt. Wenn eine Bodenbedeckungsart mindestens 50 % der Teilfläche einnahm, so galt diese als bestimmend für das Keimbett. In Abb. 43 ist zu sehen, dass das Vorkommen der Tannen bei den Moosen relativ am meisten auftrat, gefolgt von „(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe“ und „Jungbäume bis 1,3 m Höhe“. Zu beachten ist allerdings, dass der Stichprobenumfang bspw. bei den Moosen deutlich reduziert ist, da moosdominierende Kleinstandorte eher seltener vorkamen. „(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe“ waren hauptsächlich durch *Vaccinium myrtillus* (Heidelbeere) vertreten, welche oft vergesellschaftet mit den Moosen vertreten waren. Bei „Jungbäume bis 1,3 m Höhe“ sind Konkurrenzbaumarten, aber auch die Tanne selbst enthalten.

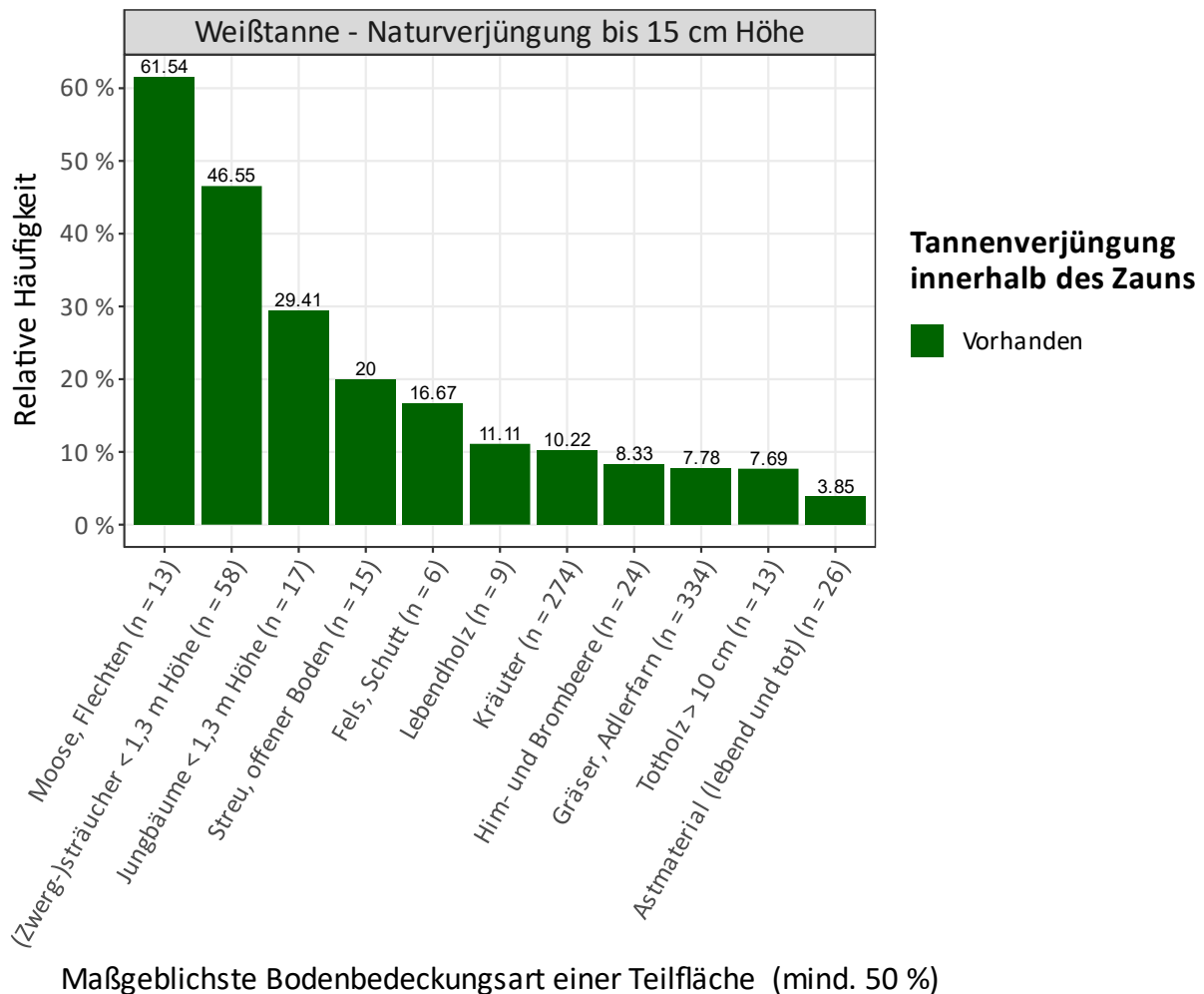


Abb. 43: Das Vorkommen der Tannennaturverjüngung gegliedert nach den dominierenden Bodenbedeckungsarten einer Teilfläche (mind. 50 %) (Probeflächenanzahl n = 49)

3.6.2 Multiples logistisches Regressionsmodell

Im vorangegangenen Kapitel 3.6 konnte ein Überblick über mögliche Einflussgrößen auf die Tannenverjüngung gewonnen werden. Nun sollen ausgewählte Variablen und ihre Wirkungsweisen auf die Etablierung der Tannennaturverjüngung in einem Modell untersucht werden. Die Verteilungen der Daten zeigte, dass sie nicht für eine lineare Regression geeignet sind. Einzige Ausnahme bildet dabei die Korrelation zwischen den Samenbäumen bis 50 m Entfernung und der Tannenanzahl bis 15 cm Höhe pro m². Der Großteil der Daten weist aufgrund der Verteilung der Punktwolken auf ein Klassifikationsproblem hin, wodurch sich ein multiples logistisches Regressionsmodell anbietet.

Die Eingangsvariablen sind in den Methoden in Kapitel 2.4.8 angeführt. Der größte Korrelationskoeffizient nach Pearson ist bei „Kräuter“ und „Gräser, Adlerfarn“ aufgetreten ($r^2 = -0,64$). Da dieser Wert näher bei 0 als -0,7 liegt, durften die beiden Variablen mit ins Modell

genommen werden (VACIK et al., 2010). Nach Rückwärtselimination nicht-signifikanter Variablen ($\alpha = 0,05$) konnte für die Bodenbedeckungsarten „Kräuter“, „Gräser, Adlerfarn“ und Lebendholz eine negative Auswirkung auf das Vorhandensein von Tannenverjüngung nachgewiesen werden. Positiv hingegen hat sich die Anzahl der Samenbäume auf die Tannenverjüngung ausgewirkt. In Tab. 14 sind die Ergebnisse aufgelistet.

Tab. 14: Ergebnisse des logistischen Regressionsmodells. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl $n = 49$; Teilflächenanzahl $n = 784$)

Variable	Koeffizient	Standardfehler	z-Wert	p-Wert
(Intercept)	-1,800	0,247	-7,297	$2,93e^{-13}$ ***
Anzahl Samenbäume bis 50 m	0,210	0,019	10,839	$< 2e^{-16}$ ***
Kräuter	-0,028	0,005	-6,235	$4,51e^{-10}$ ***
Gräser, Adlerfarn	-0,027	0,004	-6,153	$7,59e^{-10}$ ***
Lebendholz	-0,024	0,012	-2,032	0,0421 *

Für die Variablen "Jungbäume < 1,3 m Höhe", "(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe", "Him- und Brombeere", "Moose, Flechten", "Totholz > 10 cm", "Astmaterial (lebend und tot)", "Streu, offener Boden", "Fels, Schutt" konnte das Modell keine signifikanten Einflüsse feststellen.

Das Pseudo- R^2 nach Nagelkerke beträgt 0,452 und ist somit deutlich über dem unteren Grenzwert von 0,2 (BACKHAUS et al., 2021). Das Modell konnte auf 91,50 % der Flächen, auf denen keine Tannen vorhanden waren, richtige Vorhersagen machen. Auf Flächen mit Tannenverjüngung wurden 58,97 % richtig klassifiziert. Das Modell konnte somit insgesamt gesehen 88,3 % richtige Vorhersagen machen (siehe Tab. 15)

Tab. 15: Prognosen des logistischen Regressionsmodells. 0 = Tanne nicht vorhanden, 1 = Tanne vorhanden

	Beobachtet			Richtig klassifiziert
		0	1	
Vorhergesagt	0	646	32	91,50 %
	1	60	46	58,97 %
				88,27 %

4 Diskussion

4.1 Übersicht Maßnahmen und Tannenverjüngung

Beim Großteil der getätigten Maßnahmen innerhalb der Zaunflächen war auf Naturverjüngung bzw. auf Aufforstungen gesetzt worden. Gefolgt von den Maßnahmen „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ und „Saat mit Pflanzung“. Generell wurde festgehalten, dass Aufnahmen auf Zaunflächen mit Mehrfachmaßnahmen auszuschließen sind, damit Zuordnungen zu den einzelnen Maßnahmen möglich werden. Bei der Fläche „Saat mit Pflanzung“ stellte sich allerdings erst während der Erhebung heraus, dass es sich um eine Fläche mit mehrfach getätigten Maßnahmen handelt. Der Vollständigkeit halber sollte sie allerdings in der Grundgesamtheit verbleiben.

Auf rund 82 % der untersuchten Zaunflächen konnte Tannenverjüngung gefunden werden. Insbesondere ab der Höhenklasse „Mehrjährige bis 15 cm“ sind Tannen auf den Flächen vorgekommen. Der Schwerpunkt liegt dabei allerdings in den Höhenklassen „15 – 30 cm“ bzw. „30 – 50 cm“. Hier dürften die Individuen der getätigten Aufforstungen am meisten vertreten sein. Im Kontrast dazu sind die Zahlen außerhalb des Zauns. Hier konnte auf 55 % der Flächen keine Tanne gefunden werden. Ein direkter Vergleich ist natürlich nicht gerechtfertigt, da die Tannenanzahl innerhalb des Zauns durch künstliche Eingriffe erhöht wurde. Dennoch ist anzumerken, dass die Zaunflächen in Gebieten aufgestellt worden sind, die laut Tiroler Waldtypisierung für Tanne geeignete Standorte sind.

Während im Mittel rund 4.500 Tannen pro Hektar innerhalb des Zauns gefunden werden konnten, sind es im Median ca. 1.288 Tannen pro Hektar. Durch eine Einteilung in Höhenklassen wird ersichtlich, dass die meisten Tannen zwischen „Mehrjährige bis 15 cm“ und „15 – 30 cm“ zu finden waren. Dies ist einerseits mit den Aufforstungen zu begründen, andererseits dürften die ab 2017 aufgestellten Zäune in dieser Höhenklasse nun ihre Wirkung entfalten. Während zuerst die Tannenanzahl in den niedrigeren Höhenklassen zunimmt, werden im Laufe der Zeit auch die höheren Höhenklassen mehr Tannen aufweisen. Am meisten Tannen wurden in der Höhenklasse „Mehrjährige bis 15 cm“ gefunden. Im Vergleich zu den Keimlingen, Ein- und Zweijährigen dürfte dies damit zu begründen sein, dass „Mehrjährige bis 15 cm“ eine weitere zeitliche Spanne beinhaltet, während die anderen Höhenklassen auf einen Zeitraum von einem Jahr beschränkt sind. Die Klassifizierung hat

somit eine Auswirkung auf das Ergebnis. Aus diesem Grund kann daher der Median in manchen Höhenklassen 0 betragen.

4.2 Baumartenanteile – im Altbestand und in der Verjüngung

Die Ergebnisse des Vergleichs der Baumartenverteilung der Verjüngung innerhalb des Zauns mit jener des Altbestandes ist nicht nur auf den Wilddruck zurückzuführen. Konkurrenzbedingte Ausfälle und somit eine einhergehende Veränderung der Baumartenverteilung gehören auch dazu. Die Methode ist aber eine gute Möglichkeit, um vor allem die bestandesbildenden Baumarten hinsichtlich ihrer Entwicklung zu beobachten. Baumarten hingegen, wie etwa die Vogelbeere, werden den relativ hohen Anteil von ca. 13 % in der Verjüngung sehr wahrscheinlich nicht halten können. Es hat sich gezeigt, dass der Fichtenanteil hauptsächlich zugunsten des Bergahorns und der Tanne verschoben worden ist.

Denn der Bergahorn ist mit seinem Verjüngungspotenzial anderen Baumarten gegenüber weit überlegen. Durch die durchwegs guten Keimprozent und dem häufigen Fruktifizieren in großen Mengen kann sich der Anteil von Bergahorn in jüngeren Bestandesphasen verschieben. (HÖLLERL und MOSANDL, 2009) Dem entgegen wirkt allerdings die hohe Verbissbeliebtheit, ähnlich wie bei der Tanne (AMMER, 1996; HÖLLERL und MOSANDL, 2009). Der Verbiss wurde allerdings durch das Heranziehen von Bäumen innerhalb des Zauns weitestgehend eliminiert; so konnte der Bergahorn sein volles Potenzial entfalten. Der Bergahorn konnte im Vergleich zum Altbestand (1,82 %) seinen Anteil in der Verjüngung innerhalb des Zauns auf 27,51 % erhöhen.

MEIER (2014) konnte im Außerfern auf nicht eingezäunten Flächen ebenso eine Entmischung hin zu Fichte beobachten. Eine Entmischung ist im Gegensatz zum Altbestand in der Verjüngung innerhalb des Zauns nicht mehr der Fall. Der Tannenanteil hat sich auf knapp 20 % verdoppelt, wobei darin künstliche Eingriffe (Aufforstungen, Saat etc.) ebenso enthalten sind.

4.3 Maßnahmen im quantitativen Vergleich

Das größte Vorkommen von Tannenverjüngung konnten die Aufforstungen vorweisen, gefolgt von der Naturverjüngung und „Saat mit Bodenverwundung“. Die Saat hatte leider keinen Erfolg. In den nachfolgenden Kapiteln soll jede Maßnahme für sich diskutiert werden.

4.3.1 Naturverjüngung

Lediglich auf 15 % der Naturverjüngungsflächen konnte keine Tannenverjüngung gefunden werden. Dabei ist anzumerken, dass auf einer Zaunfläche eine Aufforstung geplant war, diese aber zum Zeitpunkt der Aufnahmen noch nicht erfolgt ist. Diese Fläche wurde dementsprechend aufgrund fehlender künstlicher Eingriffe, zu den Naturverjüngungsflächen gezählt. Es wurden im Mittel rund 7.933 Tannen pro Hektar bzw. im Median 1.975 Tannen pro Hektar gefunden. Im Maximum waren es sogar 37.350 Tannen pro Hektar. Es konnte beobachtet werden, dass viele dieser Flächen für die Tanne optimale Lichtwuchsbedingungen vorweisen konnten. Denn für die Tanne gilt eine leichte Beschattung als optimal (KUPFERSCHMID et al., 2014). Noch günstiger dürfte sich dieser Effekt ausgewirkt haben, wenn die schattenspendenden Bäume zugleich Tannensamenbäume mit einhergehender kurzer Samenverbreitungsdistanz sind, was bei den Naturverjüngungsflächen natürlich impliziert wird. Daher lassen sich unter anderem die hohen Vorkommen erklären. Auch hier sind in der Höhenklasse „Mehrjährige bis 15 cm“ am meisten Tannen mit durchschnittlich 3.773 Tannen pro Hektar zu verzeichnen. Der Schwerpunkt wird sich im Laufe der Zeit allerdings in die höheren Höhenklassen verschieben, solange keine anderweitigen Störungen und plötzliches Erstarken der Konkurrenz interspezifischer Arten zu erwarten sind.

4.3.2 Aufforstung

In den Zäunen fand keine Vollaufnahme statt. Dadurch konnte auch nicht immer die gesamte Verjüngung erfasst werden. Tannen bis 15 cm Höhe wurden nur auf den Teilflächen erhoben, was zu einer gewissen Ungenauigkeit geführt hat. Beispielsweise gab es eine Aufforstungsfläche mit Tannenverjüngung hauptsächlich bis 15 cm Höhe. Diese befand sich allerdings nicht auf den Teilflächen und das Ergebnis dieser Probefläche war dementsprechend, dass fälschlicherweise keine Tanne vorhanden ist.

Nichtsdestotrotz konnte bei den Aufforstungsflächen auf 91 % der untersuchten Flächen Tannenverjüngung gefunden werden. Mit einem Mittelwert von rund 1.700 Tannen pro Hektar bzw. im Median 800 Stück pro Hektar sind diese unterhalb der Naturverjüngung anzusiedeln. Einige der Zäune mit Aufforstung innerhalb wurden auf ehemaligen Kahlschlägen oder auf Flächen mit Zwangsnutzungen aufgestellt, was hinsichtlich der mangelnden Beschirmung als suboptimal anzusehen ist.

Denn die Lichtverhältnisse bestimmen wesentliche Faktoren wie etwa die Bodenfeuchtigkeit, Luftströmung und Temperatur und damit auch die Artenzusammensetzung. Kahlschläge können diese Wechselwirkungen massiv beeinflussen. (KUČERAVÁ et al., 2012) Das Einbringen der Tanne auf Kahlflächen ist zu vermeiden (KUČERAVÁ et al., 2012; MUCK et al., 2008). Die natürliche Verjüngung der Tanne kann sich auf solchen Flächen nur schwer etablieren (DOBROWOLSKA et al., 2017). Gerade dauerwaldartige Strukturen würden sich aufgrund der günstigen Lichtverhältnisse positiv auf die Tanne auswirken (BISCHOF et al., 2019). Zusätzlich können Südhänge und frostgefährdete Flächen die Ausfallrate von aufgeforsteten Tannen erhöhen. Für eine erfolgreiche Tannenaufforstung fördernd wirken Nord- bzw. Nordwesthänge, auf denen Kaltluft nicht von Dauer ist. (RUETZ et al., 1997) Durch die auf Freiflächen oft vorherrschende Verkrautung bzw. Vergrasung besteht die Gefahr der Verdämmung. Durch Freischneiden der Konkurrenzvegetation besteht allerdings wiederum die Gefahr, dass die Tanne zu viel Licht abbekommt, was ihr Potenzial sich voll zu entfalten, weiter einschränkt. Daher sollte von vornherein das Ausbringen bei obig genannten Gründen auf solchen Flächen vermieden werden. Aus der Praxis ist aber auch klar: Oftmals erlauben die in Tirol vorherrschenden kleinen Besitzstrukturen aus ökonomischen Gründen sowie der schwierigeren Koordinierung von Maßnahmen aufgrund einer Vielzahl von Besitzern auf relativ kleiner Fläche nicht immer die Durchführung der für den Waldbau günstigsten Maßnahmen, was beides Kahlschlagsysteme begünstigen kann. Nichtsdestotrotz sollte man sich allerdings bewusst sein, dass solche Systeme für die Tanne nicht das Optimum sind.

Im Maximum konnten die Aufforstungsflächen sogar 6.350 Tannen pro Hektar erreichen. Dies ist für Aufforstungen eine eher unübliche Kennzahl. Denn in der Praxis sind rund 2.500 Tannen pro Hektar eine gängige Größe (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OÖ, 2019). Auf dieser Fläche hat nach der durchgeführten Aufforstung eine Vermischung mit Naturverjüngung stattgefunden, denn es wurden auch Keimlinge sowie zweijährige Tannensämlinge gefunden (die Fläche wurde 2019 eingerichtet).

4.3.3 Saat

Bei den Flächen mit „Saat“ ist es teilweise vorgekommen, dass am Rand des Zauns und somit außerhalb der Probefläche Tannensämlinge gesichtet wurden. Dadurch, dass ein möglichst großer Anteil der 94 Zaunflächen erhoben werden sollte, musste allerdings ein Kompromiss

eingegangen werden. Denn mit einer Vollaufnahme wären insgesamt 120 Probeflächen nicht möglich gewesen.

Dennoch hat die Saat im Vergleich zu den anderen Maßnahmen den geringsten bzw. keinen Erfolg gezeigt. Gemäß der Annahme, dass die Tannen durch die 2018 ausgebrachte Saat im Erhebungsjahr 2021 höchstens 15 cm groß sind, konnte kein Effekt der Saat nachgewiesen werden. Die Stichprobenanzahl von drei Flächen beschränkt allerdings die Aussagekraft. In den Höhenklassen „30 – 50 cm“ bzw. „50 – 80 cm“ konnten zwar 67 bzw. 33 Tannen pro Hektar gezählt werden, diese wurden aber aus genannten Gründen nicht zum Erfolg der Saat gezählt. Allerdings muss erwähnt werden, dass keine Vollaufnahme in den Zäunen stattfand. Dadurch ist es möglich, dass bei der Erhebung zwar keine Tannen gefunden werden konnten, sich allerdings im Randbereich innerhalb des Zauns dennoch Tannen befunden haben können.

Für die Qualität von Saatgut entscheidende Merkmale sind u. a. Herkunft, Quelle des Saatguts (Bestand oder Samenplantage), Lagertemperatur sowie Feuchtegehalt (JENNER und ŠEHO, 2021). Weitere Faktoren wie etwa die Keimfähigkeit, Reinheit, Keimenergie, Saatbeet und Witterung beeinflussen den Erfolg einer Keimung entscheidend (SCHMIDT-VOGT, 1961). Leider ist das Keimprozent nicht dokumentiert worden, daher lässt sich diesbezüglich nur mutmaßen. Positiv in Hinsicht auf das Keimprozent dürfte sich die sofortige Aussaat nach der Ernte ausgewirkt haben. Eine Lagerung von Weißtannensaatgut über mehrere Jahre wirkt sich negativ auf das Keimprozent aus (JENNER und ŠEHO, 2021). Allerdings können die Gründe für diese Ergebnisse nicht nur im Keimprozent zu suchen sein, da die im folgenden Kapitel behandelte Maßnahme „Saat mit Bodenverwundung“ ebenfalls mit demselben Saatgut erfolgte und andere Ergebnisse zeigt. Bezüglich des Saatbeetes haben alle Flächen mit Saat eines gemeinsam: Gräser bilden die dominierende Bodenvegetationsart, die sich nach den Ergebnissen aus Kapitel 3.6 ungünstig auf die Tannenverjüngung auswirken. Die Konkurrenzvegetation hat somit dafür gesorgt, dass der Samen nicht erfolgreich keimen konnte. Denn entscheidend für den Samen ist, dass er auch den Boden erreicht (BRANG, 1995; SCHREINER, 2000), wobei das erste Niederschlagsereignis entscheidend ist (BRANG, 1995). Für die Keimung beschreibt DENGLE (1930) Wasser und konstante Wärme als Hauptfaktoren. Daher kann eine Saat in einem Jahr mit guten Bedingungen wesentlich mehr bewirken als mehrere Aussaaten zusammen in vergleichsweise schlechten Jahren (PALUCH, 2011).

Womöglich hätten daher günstigere Witterungsbedingungen zu einem besseren Ergebnis geführt.

4.3.4 Saat mit Bodenverwundung

Bei einem Stichprobenumfang von sechs aufgenommenen Flächen konnte auf 50 % Tannenverjüngung gefunden werden. Für die Keimung sind in erster Linie eine ausreichende Anzahl an fruktifizierenden Samenbäumen ein wesentlicher Faktor (BRANG et al., 2015). Aus diesem Grund wurde eine weitere Einteilung der Flächen mit Samenbäumen bis 50 m Entfernung und Flächen ohne Samenbäume innerhalb von 50 m Entfernung gemacht. Hier zeigt sich, dass nun auf 25 % der Probeflächen ohne Samenbäume Tannenverjüngung vorkommt, während auf den Flächen mit Samenbäumen zu 100 % Tannen vorkommen. Die Stichprobenanzahl ist allerdings mit vier bzw. zwei Flächen gering. Natürlich ist es möglich, dass auch Samen aus mehr als 50 m Entfernung auf den Flächen landen. CREMER et al. (2012) konnten im Maximum Distanzen von 189 m feststellen. Allerdings sind solche Ereignisse, bei denen Samen (Anm.: bspw. über einen Bestand) hinweggehoben werden und somit große Distanzen zurücklegen können, selten (NATHAN et al., 2002). Zudem geben KUTTER und GRATZER (2006) für die Tanne mittlere Samenverbreitungsdistanzen zwischen 21,9 und 22,6 m an. PALUCH (2011) nennt sogar im Median nur Distanzen zwischen 6,5 und 10,5 m.

Bezüglich der Tannenanzahl pro Hektar konnten 1.883,33 im Mittel bzw. 1.587,5 im Median erreicht werden. Allerdings sind in diesen Zahlen die Flächen mit vorhandenen Samenbäumen bis 50 m Entfernung enthalten. Dennoch hat sich gezeigt, dass Bodenverwundung zu einem besseren Erfolg führen kann, wobei die Menge des ausgebrachten Saatguts pro Fläche ebenso von Relevanz ist. Dabei kann nach Rücksprache mit der BFI Reutte davon ausgegangen werden, dass auf allen Flächen mit „Saat“ bzw. „Saat mit Bodenverwundung“ einigermmaßen dieselbe Menge pro m² ausgebracht worden ist.

Bodenverwundung kann sich günstig auf die Keimbettbedingungen und somit positiv auf die Verjüngung auswirken. Die (plätzeweise) Behandlung sollte dabei nur im Bereich des Oberbodens erfolgen, der Mineralboden hingegen unberührt bleiben. Sollte sich die gewünschte Naturverjüngung nach bspw. einer Auflichtung nicht einstellen und sich bereits Konkurrenzvegetation etabliert haben, ist eine nachträgliche Bodenverwundung nicht mehr sinnvoll. Die Aufforstung ist dann vorzuziehen. (LEITGEB, 2004) Wenn sich

Konkurrenzvegetation einmal etabliert hat, dürfte es schwer sein, diese gänzlich auszuschalten. Maßnahmen wie die genannte Bodenverwundung dürften dann nur wenige Jahre anhalten, bis die Konkurrenzvegetation wieder erstarkt. Dies war auch auf den behandelten Flächen zu beobachten. Es konnten keine Hinweise auf die Bodenverwundung mehr gefunden werden, da sich die Bodenvegetation wieder eingestellt hatte. Dadurch, dass am Projekt viele Akteure beteiligt waren, gab es anscheinend kein einheitliches Vorgehen bei der Durchführung der Bodenverwundung. Gemäß Aussage von einigen (wenigen) Waldaufsehern hatte das Hauptaugenmerk darauf gelegen, dass der Samen den Boden erreichte. Manches Mal wurde dabei mehr oder weniger Konkurrenzvegetation entfernt.

Interessant wäre mit Blick auf die Zukunft außerdem die Entwicklung der jetzt gefundenen Tannensämlinge. Denn Untersuchungen in einem Zeitraum von zwei Jahren von NOPP-MAYR et al. (2015) haben gezeigt, dass vor allem folgende Faktoren die Wahrscheinlichkeit für die Sämlingssterblichkeit der Tanne bedingten: die inter- bzw. intraspezifische Konkurrenz, Trocken-, Kälte- und Schattentoleranz, Verbissbeliebtheit bei Herbivoren, der pathogene Inokulationsdruck, Kleinstandort und Wetterbedingungen.

Es hat sich erwiesen, dass Bodenverwundung die Ansamung begünstigen kann, aber für wie lange? Die Konkurrenzvegetation ist jetzt schon wieder erstarkt. Für den Zeitraum der Keimung gab es wohl eine Verbesserung, aber wie sieht es mit der zukünftigen Mortalität der Tannensämlinge aus? Kann die Konkurrenzvegetation die eigentlich schattentoleranten Tannen verdämmen? Hier wäre sicherlich weiteres Monitoring von Bedeutung.

4.4 Vergleiche innerhalb und außerhalb des Zauns

Mit Fokus auf den Wildeinfluss wurden zahlreiche Auswertungen gemacht. Dabei wurden u. a. Stammzahlen, Verbissprozente oder Höhenzuwächse verglichen. Diese und andere Indikatoren für den Wildeinfluss sollen nun diskutiert werden.

4.4.1 Stammzahlen – allgemeine Verjüngung

Ohne die Baumart zu berücksichtigen, wurde zunächst die gesamte Verjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns verglichen. Sowohl im Mittel als auch im Median waren höhere Stammzahlen innerhalb des Zauns zu verzeichnen. Mit Zunahme der Höhenklassen wiesen – mit Ausnahme der Keimlinge – die restlichen Höhenklassen innerhalb des Zauns teils bis zu 2,33-mal so hohe Werte auf wie jene außerhalb des Zauns. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-

Test konnte signifikante Unterschiede in den Höhenklassen „50 – 80 cm“ und „80 – 130 cm“ feststellen. Bei genauerer Betrachtung war dies auf Pionier- bzw. Halbschattbaumarten zurückzuführen. Denn bei diesen Baumartengruppen wurden ebenso signifikante Unterschiede in den genannten Höhenklassen festgestellt. Bei allen Baumartengruppen wurden beim Großteil der Höhenklassen höhere Werte im Mittel als auch im Median innerhalb des Zauns beobachtet. Es wäre interessant zu wissen, ob diese Unterschiede schon zu Beginn beim Aufstellen der Zäune gegeben waren oder ob sie sich erst im Laufe der Zeit entwickelt haben. Die meisten Zäune waren zwischen 2018 und 2019 aufgestellt worden. Bei den Halbschattbaumarten waren relativ große Unterschiede im Mittel in den Höhenklassen „Mehrjährige bis 15 cm“ und „15 – 30 cm“ feststellbar, während sich dieser Unterschied bei den Pionierbaumarten hin zu den Höhenklassen „30 – 50 cm“, „50 – 80 cm“ und „80 – 130 cm“ verschob. Wobei sich die beiden letzten signifikant von den Werten in den Höhenklassen außerhalb unterschieden.

Pionierbaumarten wie die Vogelbeere sind durch ihr gutes Regenerationsvermögen sowie durch ihr rasches Wachstum in der Jugend gekennzeichnet. Sie haben dementsprechend eine hohe Konkurrenz- und Durchsetzungskraft. (SCHMIDT, 2019) Bei den Pionierbaumarten, die auf den Flächen hauptsächlich durch die Vogelbeere vertreten waren, dürfte wohl eine Kombination aus Verbissbeliebtheit und Schnellwüchsigkeit dazu geführt haben, dass diese schon in den höheren Höhenklassen deutliche Unterschiede innerhalb und außerhalb des Zauns zeigten, im Gegensatz zu den eher langsam wachsenden Schattbaumarten. Hinzukommt, dass langsam wachsende Baumarten wie etwa die Tanne den Verlust des Endtriebs bei schlechten Bedingungen nicht so schnell kompensieren können (KUPFERSCHMID et al., 2015). Weiters können Laubbäume grundsätzlich schneller auf Verbiss reagieren als Nadelbäume (SENN und HÄSLER, 2005).

Dadurch, dass weniger schnellwüchsige Halbschattbaumarten ebenfalls signifikante Unterschiede jetzt schon in den beiden höchsten Höhenklassen gezeigt haben, kann nicht zur Gänze ausgeschlossen werden, dass Verjüngungskegel gezielt ausgesucht und eingezäunt wurden. Der Vergleich der Stammzahlen allein dürfte also nicht ausreichen, es müssen weitere Messgrößen für den Wildeinfluss herangezogen werden. Grundsätzlich sollten die Stammzahlen immer im Zusammenhang mit den Verbissprozenten gesehen werden (ODERMATT, 2009).

Hinsichtlich der Schattbaumarten konnte ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test weder bei Berücksichtigung noch ohne Berücksichtigung der Höhenklassen signifikante Unterschiede feststellen. In dieser Baumartengruppe waren hauptsächlich Buchen und Tannen vertreten. Aber immerhin sind in den Höhenklassen „Mehrjährige bis 15 cm“ und „15 – 30 cm“ im Mittel Unterschiede zu erkennen. Durch eine separate Auswertung für die Tanne wird allerdings klar, dass die Buche weniger vom Verbiss betroffen sein muss, denn die Ergebnisse der Tanne zeigen teils signifikante Unterschiede.

Bei andauerndem Wildeinfluss außerhalb des Zauns steht allerdings fest, dass bei entsprechender Instandhaltung des Zauns sich die Unterschiede, beginnend bei den niedrigeren Höhenklassen, verfestigen und zunehmend in den höheren Höhenklassen sichtbar werden. Im Laufe der Zeit wird sich jedoch das Kronendach der Verjüngung schließen und es wird somit zu konkurrenzbedingten Ausfällen in den niedrigeren Höhenklassen innerhalb des Zauns kommen – die Unterschiede zu den Bäumen außerhalb in diesen Höhenklassen werden geringer. Gerade im Hinblick auf längere Verjüngungszeiträume ist nicht klar, ob die durch Wild verbissenen Bäume grundsätzlich die Mortalitätsrate steigern oder ob diese Bäume ohnehin nicht aufgrund des natürlichen Wettbewerbs ausgefallen wären (SENN und SUTER, 2003). Konkurrenzbedingte Ausfälle werden bei den Zäunen aufgrund der geringen Höhe (unter 1,3 m) aktuell noch nicht zu sehen sein. Derzeit sind die Einflüsse, die beobachtet werden konnten, hauptsächlich durch das Wild verursacht.

4.4.2 Stammzahlen - Tanne

Innerhalb des Zauns ist stets eine höhere Tannenanzahl pro Hektar, im Median konnten 1.975 Tannen pro Hektar innerhalb und 988 Tannen pro Hektar außerhalb des Zauns gefunden werden. Auch FEICHTER (2011) konnte einen erhöhten Ausfall von Tannensämlingen auf ungeschützten Flächen bemerken. Ebenso wurde bei AMMER (1996) ein wesentlich höherer Anteil an durch Wild beeinflussten Pflanzen (insbesondere Tanne und Bergahorn) bei ungezäunten als bei gezäunten Flächen beobachtet. Bei den oben genannten Zahlen ist aber zu berücksichtigen, dass diese nur für einen Vergleich von innerhalb und außerhalb des Zauns repräsentativ sind. Der Stichprobenumfang wurde für den Vergleich der Vergleichsflächenpaare angepasst. In der Literatur werden gerne eine Höhe von 10 cm als Verbissgrenze angenommen (REIMOSER, 2000). Dieses Phänomen wird auch hier sichtbar. Beginnend ab der Höhenklasse „Zweijährige“ differenziert sich die Tannenanzahl innerhalb

des Zauns gegenüber jener außerhalb zunehmend. Für die Höhenklassen „15 – 30 cm“ und „30 – 50 cm“ konnte ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test signifikante Unterschiede feststellen. Durch die Einteilung in viele kleine Höhenklassen wird es aber zunehmend unwahrscheinlicher, genau in einer Höhenklasse auf einer Probefläche Individuen einer Art zu finden. Dies gilt insbesondere für die Klassen „Keimlinge“, „Einjährige“ und „Zweijährige“, da hier die Höhenklasse nur einen Zeitraum von einem Jahr abdeckt, während „Mehrjährige bis 15 cm“ namensgebend eine größere Zeitspanne abdecken und es somit wahrscheinlicher ist, in dieser Höhenklasse Individuen zu finden. Daher ist es möglich, dass die Zahlen im Median 0 sind, während der Mittelwert Werte jenseits von 0 anzeigt.

Auch DIACI (2002) konnte signifikante Unterschiede hinsichtlich der Tannenanzahl im Vergleich zu innerhalb und außerhalb des Zauns feststellen. Nur in den gezäunten Flächen konnten Pionier- und Laubbaumarten sowie die Tanne über die Bodenvegetation hinauswachsen.

Interessant wird die weitere Entwicklung der Tannen innerhalb der Zäune sein. In den Untersuchungen von KATEB et al. (2009) waren in den Kalkalpen auf geschützten Flächen nach 20 Jahren noch 88 Prozent der Tannen vorhanden, auf den ungeschützten hingegen 12 Prozent. Wobei hier Effekte der Verjüngungsdynamik nach 20 Jahren auch eine Rolle spielen werden. In höhere Höhenklassen müssen die Tannen im Außerfern erst hineinwachsen, die Absolutwerte werden im Laufe der Zeit steigen und sich bei anhaltendem Wildeinfluss weiter differenzieren.

Zusätzlich zum Effekt des Zauns kommen noch andere Faktoren hinzu. Geringere Stammzahlen außerhalb des Zauns können sich hinsichtlich des Verbisses auch negativ auswirken. Insbesondere alleinstehende und somit auffällige Individuen sind beim Schalenwild besonders beliebt (KUPFERSCHMID et al., 2014). Zudem werden die Vegetationsanteile der Himbeere, Brombeere und Efeu durch die Wildäsung reduziert, andere Arten wie etwa Gräser (z. B. Reitgras und Pfeifengras), Seggen und Farne können sich durch den selektiven Verbiss obig genannter Arten hingegen vermehren (KUPFERSCHMID und BRANG, 2010). Wie aus den Ergebnissen der Keimbettanalyse abgeleitet werden kann, wirken sich solche Bodenvegetationsarten noch zusätzlich negativ auf das Aufkommen von Tannenverjüngung aus. Außerdem verstärkt ein ungünstiges Äsungsangebot den Verbiss von Bäumen (ODERMATT, 2009). AMMER (1996) hebt zwei wesentliche Faktoren mit

Auswirkungen auf die Stammzahlen heraus: Einerseits wirkt sich der selektive Verbiss der Tanne negativ auf dessen Vitalität aus, andererseits führt die geschwächte Konkurrenzkraft zu einer Begünstigung interspezifischer Arten (bspw. Fichte). Er spricht sogar von einer Art Wettbewerbsverzerrung außerhalb des Zauns. Es kommt somit nicht nur mehr auf die eigene Wuchsleistung an, sondern auch die eigene Prädisposition gegenüber Wildeinfluss spielt eine Rolle.

Hinweise auf Keimlingsverbiss konnten nicht gefunden werden. Es wurden sogar außerhalb des Zauns mehr Keimlinge gefunden, ähnlich wie bei Halbschatt- und Schattbaumarten. Auf den Wildausschlussflächen im Außerfern, die durch MEIER (2014) untersucht worden sind, konnte eine Erhöhung des Deckungsgrades von Sträuchern beobachtet werden. Somit ist es denkbar, dass durch Zäunung zwar der Faktor „Wild“ eliminiert werden kann, andere Faktoren wie die Konkurrenzvegetation dadurch aber erstarken können. Dies kann aber nicht der Grund für die höhere Keimlingsanzahl außerhalb des Zauns sein. Denn dann könnten die Individuen innerhalb des Zauns in den höheren Höhenklassen nicht eine größere Anzahl verzeichnen. Eine Möglichkeit ist, dass die vermehrt beobachtete stärkere Vegetation innerhalb des Zauns das Auffinden der schwer sichtbaren Keimlinge bei den Aufnahmen zusätzlich beeinträchtigt hat.

4.4.3 Verjüngungshemmnisse

Bezüglich der Verjüngungshemmnisse hat sich gezeigt, dass das Hemmnis „Verkrautung/Vergrasung“ eine wesentliche Rolle sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zauns spielt. Wobei bei den Probeflächen innerhalb des Zauns fast die Hälfte dieses Problem aufwies. Außerhalb des Zauns bildet der Schalenwildverbiss mit 37 % das größte Verjüngungshemmnis. Ebenso machten KUČERAVÁ et al. (2012) Wildverbiss als größten Hemmfaktor für die Tanne auf ungezäunten Flächen aus. Die Verjüngungshemmnisse durch Schalenwild können zwar richtungsweisend, aber nicht ausschlaggebend für eine Beurteilung des Wildeinflusses sein. Dafür sollten alleine das Verbissprozent in Verbindung mit den Stammzahlen herangezogen werden.

4.4.4 Vitalität

Um die Verfassung eines Baumes bestimmen zu können, ist die Vitalität eine wichtige Kenngröße (KLUG, 2005). Es haben sich deutliche Unterschiede zwischen der Vitalität von Tannen innerhalb und außerhalb des Zauns gezeigt. Während innerhalb noch rund 80 % der

Tannen eine sehr gute Vitalität aufwiesen, sind es außerhalb des Zauns ca. 58 %. Es ist eine Verschiebung hin zu einer mittleren Vitalität zu beobachten. Dieser Anteil hat sich von ca. 18 % innerhalb auf rund 36 % außerhalb des Zauns verdoppelt. Durch die Aussortierung von Probeflächen mit Unterschieden in den Übershirmungen größer als 20 % innerhalb und außerhalb des Zauns sind lichtbedingte Effekte auf die Vitalität aber weitestgehend auszuschließen. Die Vitalität ist somit ein weiteres Indiz für den Wildeinfluss außerhalb des Zauns.

4.4.5 Mortalität

Bezüglich der Mortalität waren keine nennenswerten Unterschiede festzustellen. Lediglich 2 % der Verjüngung außerhalb des Zauns konnte tot aufgefunden werden, während innerhalb des Zauns nur lebende Tannen aus Naturverjüngung zu finden waren. Bei den Aufnahmen hat es sich als schwierig herausgestellt, diese wenigen toten Individuen zu entdecken. Durch die fehlende Grünmasse waren diese auf den Waldböden schwerer zu sichten. Um daher aussagekräftigere Ergebnisse bezüglich der Mortalität zu erhalten, bedurfte es mehrmaliger Aufnahmen, bei denen die jeweilige Anzahl innerhalb und außerhalb des Zauns festgehalten wird. Im Falle einer vordefinierten Erhebungsgrenze (bspw. zwischen 10 und 130 cm) müssten alle Pflanzen, die in diesen Bereich hinein- bzw. hinauswachsen, zusätzlich dokumentiert werden.

4.4.6 Schädigungen - Verbiss

Bei den Schädigungen hat sich der Schalenwildverbiss als häufigste herausgestellt. Ebenso war bei OBEREGGER (2012) Schalenwildverbiss der größte Einflussfaktor. Denn der Terminaltrieb ist infolge seines Nährstoffreichtums bei Wildtieren besonders beliebt, Höhenzuwachsverluste sind die Folge (GILL und BEARDALL, 2001). Verbiss durch Kleintiere wie etwa Nager spielte dabei keine nennenswerte Rolle. Während außerhalb des Zauns im Mittel 44,87 % durch Schalenwild verbissene Terminaltriebe der Tanne vorgefunden wurden, waren es innerhalb des Zauns 8,45 %. Auch ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test zeigte signifikante Unterschiede.

Der Wert innerhalb des Zauns liegt somit nach EIBERLE und NIGG (1987) knapp unter der kritischen Grenze der Verbissintensität (Anteil verbissener Terminaltriebe an Gesamtpflanzenanzahl), welcher bei der Tanne bei 9 % liegt. Alles darüber hinaus kann zu

einer Verschiebung der Baumartenzusammensetzung bzw. zum gänzlichen Verlust führen. (EIBERLE und NIGG, 1987)

Der Grund für den im Mittel 8,45 % beobachteten Schalenwildverbiss innerhalb des Zauns ist auch in der Aufnahmemethodik zu suchen. Wurde eine Tanne innerhalb der letzten drei Vorjahre verbissen, so wurde diese dementsprechend klassifiziert. Bei einer Erhebung im Jahr 2021 bedeutet dies, dass Tannen bis zum dritten Vorjahr (also 2018) angesprochen wurden. Die meisten Zäune wurden zwischen den Jahren 2018 und 2019 errichtet. Somit waren Tannen, die erst nach 2018 eingezäunt wurden, vorher ungeschützt gewesen. Es wurde also auch der Verbiss zu Zeiten ohne Zaun bestimmt, was jetzt zu einer erhöhten Verbissrate innerhalb des Zauns geführt hat. Für die Zukunft sollten daher die Jahre getrennt angesprochen werden. Andererseits sind Zäune bei nicht vorhandener Wartung nicht immer vollständig wilddicht. Bei den Aufnahmen konnte Rotwild sogar innerhalb eines Zauns gesichtet werden. Auch bei Untersuchungen von KOLLY und KUPFERSCHMID (2014) war trotz geschlossenen Zäunen ein Verbiss von 18 % zu vermerken. Dennoch sollte beachtet werden, dass im Median der Terminaltriebverbiss innerhalb des Zauns 0 % beträgt und somit doch als sehr gering einzustufen ist.

Hinsichtlich des Seitentriebverbisses wurden im Median 0 % innerhalb bzw. 4 % außerhalb des Zauns festgestellt. Im Mittel sind es 6,81 % bzw. 31,63 %. Aufgrund der doch knapp beieinanderliegenden Mediane konnte ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test keine signifikanten Unterschiede erkennen. Die mittlere Seitentriebverbissrate pro Pflanze beträgt innerhalb des Zauns ca. 1 % und außerhalb des Zauns ca. 18 %. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test konnte signifikante Unterschiede feststellen. Zusätzlich nimmt der mittlere Verbiss der Seitentriebe mit zunehmender Höhenklasse ab. Es scheint also, dass mit zunehmender Höhe die Attraktivität des Seitentriebes abnimmt. Der nährstoffreiche Terminaltrieb (GILL und BEARDALL, 2001) wird damit zusehends attraktiver.

Deutlich erkennbar sind jedoch die unterschiedlichen Stichprobenzahlen innerhalb und außerhalb des Zauns. Diese sind innerhalb des Zauns mehr als 3-mal so hoch. Zu begründen ist dies vermutlich einerseits damit, dass bei der Weißtanne schon eine minimale Zu- bzw. Abnahme des Verbisses darüber entscheiden kann, ob diese aufkommt oder nicht (RÜEGG und SCHWITTER, 2002). Andererseits steigt mit zunehmender Verbissintensität die wilddingte Mortalität von Forstpflanzen (RÜEGG und NIGG, 2003). Dies resultiert in

geringeren Stichprobenzahlen außerhalb des Zauns und führte auch dazu, dass auf manchen Standorten nur wenige Tannen für das Verbissprozent herangezogen werden konnten.

4.4.7 Relativer Höhenzuwachs

Höhenzuwachsverluste sind eine mögliche Folge von Verbiss (SCHODTERER, 2004). Der Terminaltriebverbiss wirkt sich neben den Lichtbedingungen maßgeblich auf das Höhenwachstum aus (RÜEGG und NIGG, 2003; WEISBERG et al., 2004). KOLLY und KUPFERSCHMID (2014) fanden heraus, dass ab einem unbedeckten Himmelsanteil von 11 % gute Zuwächse bei der Tanne zu verzeichnen sind. KUČERAVÁ et al. (2012) geben dabei ein Maximum von 30 % unbedeckten Himmelsanteils für das optimale Wachstum der Tanne an. Unabhängig davon wurde schon bei den Aufnahmen darauf geachtet, dass die Lichtbedingungen innerhalb und außerhalb des Zauns möglichst gleich waren. Somit wurde ein objektiver Vergleich ermöglicht.

Den Jahreszuwachs durch die Pflanzenhöhe zu dividieren, mag zwar die intuitivste Methode sein, relative Höhenzuwächse zu berechnen; allerdings hat sich diese als wenig robust erwiesen, wenn es um den Vergleich von Pflanzen unterschiedlicher Höhe geht (POMMERENING und GRABARNIK, 2019). Viel eher ist die Definition des relativen Höhenzuwachses eben von POMMERENING und GRABARNIK (2019) geeignet, um Pflanzen unterschiedlicher Höhe zu vergleichen.

Es hat sich gezeigt, dass innerhalb des Zauns sowohl im Mittel als auch im Median größere relative Zuwächse der Tanne zu verzeichnen sind. Ein einseitiger Mann-Whitney-U-Test konnte für die Höhenklasse „15 – 30 cm“ signifikante Unterschiede erkennen. Die restlichen Höhenklassen weisen zwar innerhalb des Zauns auch größere Werte auf, allerdings wird der Stichprobenumfang insbesondere außerhalb des Zauns merklich geringer und damit weniger aussagekräftig.

Nicht nur, ob ein Trieb verbissen oder nicht verbissen wurde, sondern auch die Stärke des Verbisses ist entscheidend. Leicht verbissene Endtriebe kann die Tanne gut kompensieren. Die Seitentriebe stellen sich infolgedessen auf, wobei die Tanne hinsichtlich der Zuwächse sogar mit unverbissenen Tannen konkurrieren kann. (KUPFERSCHMID, 2018) Bei mehrfachem Verbiss ist dieses Phänomen allerdings ausgeschlossen (KOLLY und KUPFERSCHMID, 2014). Stark verbissene Endtriebe (der Großteil eines Endtriebes) und Seitentriebe führen zu einem

Regenerationsprozess, der mehrere Jahre andauern kann, was sich auf das Höhenwachstum und somit die Konkurrenzfähigkeit auswirkt. Der Tod der Pflanze ist eine mögliche Folge. (KUPFERSCHMID et al., 2014) Das erste Jahr nach einem Verbissereignis wirkt sich dabei am stärksten auf das Wachstum der Tanne aus. Mit jedem weiteren Verbissereignis wird die Höhendifferenz zu unverbissenen Tannen größer. (KOLLY und KUPFERSCHMID, 2014) Das bedeutet also, dass sich Unterschiede womöglich erst in einigen Jahren in allen Höhenklassen zeigen werden: Wenn die Stichprobenanzahl somit in den höheren Höhenklassen zunimmt, der Wildeinfluss weiter anhält und die Effekte des Zauns sich somit nach und nach auf das Höhenwachstum auswirken.

4.5 Qualitative Vergleiche zwischen Aufforstung und Naturverjüngung

Es konnten weder nennenswerte Unterschiede bei der Vitalität noch bei der Mortalität zwischen den Aufforstungen und der Naturverjüngung gefunden werden. Beide weisen mit 85 % (Aufforstung) bzw. 83 % (Naturverjüngung) eine sehr gute Vitalität auf. Die Mortalität ist bei den Aufforstungen mit 0,93 % verschwindend gering. Wobei auch hier wieder gilt, dass die Mortalität wohl besser mit längerfristigen Methoden als mit einmaligen Erhebungen erfasst werden kann. Dadurch, dass keine gesetzten Pflanzzahlen pro Zaun bekannt sind, lassen sich auch keine weiteren Rückschlüsse auf die Mortalität ziehen. Auch bei den Schädigungen bzw. Beeinträchtigungen unterscheiden sich diese beiden Verjüngungsformen kaum. Lediglich die Naturverjüngungsflächen wiesen etwas mehr Schalenwildverbiss als die Aufforstungsflächen auf. Dies ist aber sehr wahrscheinlich, wie bereits erwähnt, der Aufnahmemethodik zuzurechnen (siehe Kapitel 4.4.6). Die aufgeforsteten Tannen sind immer erst nach Erstellung des Zauns eingebracht worden, daher auch der geringere Wert.

Hinsichtlich der relativen Zuwächse waren deutliche Unterschiede bis in die Höhenklasse „30 – 50 cm“ zu beobachten. Darüber hinaus waren zu wenig Tannen in den entsprechenden Höhenklassen, diese müssen erst noch wachsen. Ein zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test wurde angewandt, da zunächst nicht klar war, ob die Aufforstung oder die Naturverjüngung größere Zuwächse verzeichnet. Beispielsweise könnten die aufgeforsteten Tannen einen Pflanzschock erlitten haben, mit niedrigeren Zuwächsen. Oder aber die Naturverjüngung dominiert aufgrund ihrer Standortsangepasstheit. Die Ergebnisse des zweiseitigen Mann-Whitney-U-Tests zeigen allerdings eindeutig, dass die aufgeforsteten Tannen deutlich bessere Zuwächse als die Tannen aus Naturverjüngung vorweisen. Möglicherweise sind hier bei den

jüngst aufgeforsteten Tannen noch die Zuwächse aus dem Forstgarten zu erkennen, sodass es zu einer Durchmischung mit künstlich eingebrachten Tannen gekommen ist, die sich bereits länger auf den Zaunflächen befanden. Durch Düngung könnte dieser Effekt verstärkt worden sein oder dieser hält noch immer an.

Bei der Stufigkeit hat sich gezeigt, dass sich ein Großteil der aufgeforsteten Tannen innerhalb der von SCHMIDT-VOGT (1966) erstellten Rahmengrenzwerte befindet. Basierend auf den alten EWG-Mindestnormen (Richtlinie 71/161/EWG) wurden diese Rahmengrenzwerte von Schmidt-Vogt erstellt (KÖRNER et al., 2012; STIMM et al., 2014). Die Ergebnisse zeugen von einer guten Qualität bzw. Stufigkeit der aufgeforsteten Tannen. Lediglich ein paar Tannen befinden sich oberhalb des Rahmens von SCHMID-VOGT (1966). Diese haben also einen höheren Wurzelhalsdurchmesser im Verhältnis zur Höhe, was aber nicht zwangsläufig negativ zu beurteilen ist (KÖRNER et al., 2012).

4.6 Tannenverjüngung – mögliche Einflussgrößen

Eine ausreichende Anzahl an fruktifizierenden Samenbäumen ist für die Keimung unumgänglich (LEITGEB, 2004). Die räumliche Verteilung von Waldbäumen hat zudem einen maßgeblichen Einfluss auf die Bodenbedeckung und somit auf die Artenzusammensetzung der Waldbodenvegetation. Und die Waldbodenvegetation ist aufgrund ihrer Konkurrenz ein wesentlicher Faktor, der die Tanne in ihrem Vorkommen beeinflusst. (PALUCH, 2004) Die Samenbäume stehen also in Wechselwirkung mit der Bodenvegetation und wurden auch für das multiple logistische Regressionsmodell herangezogen.

Eine erste Auswertung zeigte einen annähernd linearen Verlauf zwischen der Anzahl der Tannensamenbäume bis 50 m Entfernung und der mittleren Tannenanzahl bis 15 cm Höhe. Die mittlere Tannenanzahl wurde aus den 16 Teilflächen pro Probefläche errechnet und auf 49 ausgewählten Probeflächen der unabhängigen Variable „Samenbäume bis 50 m Entfernung“ gegenübergestellt. Obwohl aufgrund des enorm hohen Stichprobenumfangs kein Samendichte-Index angewandt wurde (Verhältnis aus Grundfläche und Distanz zum Zentrum eines Baumes), wie er beispielsweise im Modell von KUTTER und GRATZER (2006) oder GÄUMANN (2019) vorliegt, war die Beziehung zwischen den Sämlingen und Samenbäumen dennoch sehr gut festzustellen.

Umso höher der Deckungsgrad von Vegetationskonkurrenz, desto ungünstiger wirkt sich dies auf den Ansamungserfolg und die Überlebensrate sowie das Wachstum von Naturverjüngung aus (RUHM, 2004). Dies scheint auch hier für die Tannen der Fall zu sein. Hinsichtlich der mittleren Höhe der Bodenvegetation hat sich gezeigt, dass ab einem Wert von ca. 60 cm das Vorkommen von Tannenverjüngung sinkt. Solche Höhen wurden hauptsächlich von Gräsern erreicht.

Gräser sind in Hinsicht auf Wasser und Nährstoffe sehr konkurrenzfähig, was es den Wurzeln der Naturverjüngung in grasdominierten Standorten deutlich schwerer macht (RUHM, 2004). In den Auswertungen hat sich gezeigt, dass weitestgehend unabhängig vom Deckungsgrad der Gräser viele Teilflächen vorhanden waren, auf denen keine Tannenverjüngung gefunden werden konnte; mit Tendenz zu weniger Tannen, wenn der Grasanteil zunahm. Wie bereits erwähnt, drückt im Winter das tote Material der Konkurrenzvegetation auf die Keimlinge, wodurch diese von Pilzen erfasst werden können und absterben (BRANG, 1995). Darüber hinaus kann der Graswurzelfilz die Tannensamen an der erfolgreichen Keimung hindern (DE JEL und VACIK, 2012). Daher macht es diese Form von Bodenvegetation der Verjüngung (viel) schwerer, sich zu etablieren. Bei den Kräutern scheint zwar das Maximum der Tannenanzahl bei Variation des Deckungsgrades konstant zu bleiben, allerdings war auch hier ein relativ hoher Anteil an Teilflächen, auf denen gar keine Tannenverjüngung gefunden werden konnte, festzustellen. Bodenbedeckungsarten wie etwa Brombeere, Adlerfarn oder Hochstauden wirken sich ungünstig auf das Aufkommen von Naturverjüngung aus (BRANG et al., 2015). Ebenso können sich bspw. das Reitgras, der Alpendost oder die Pestwurz negativ auf die Verjüngung auswirken (WASEM, 2005). Gräser waren die mit Abstand häufigste vorkommende Bodenbedeckungsart, gefolgt von den Kräutern. Wobei die Gräser häufig mit dem Adlerfarn vergesellschaftet waren. Kräuter waren oftmals durch Pestwurzarten geprägt. Auf Flächen mit dominierendem Anteil dieser genannten Bodenbedeckungsarten waren deutlich weniger Tannen vorhanden.

Aus Sicht des Wildeinflusses kann die Brombeere die Tanne allerdings vor Verbiss schützen (FELLINGER, 2022). Ebenso kann eine dichte und hohe Strauchschicht (z. B. dichter Himbeerbewuchs) vor Verbiss schützen (KUPFERSCHMID et al., 2020). Unabhängig aber von der potenziellen Schutzfunktion von Him- oder Brombeere zeigten die Auswertungen, dass in Kombination mit diesen Vegetationsarten generell wenig Tannen im Außerfern vorkamen.

4.6.1 Tannenvorkommen – dominierende Bodenbedeckungsarten

Auf den Teilflächen wurden zwar die Anteile verschiedenster Bodenbedeckungsarten geschätzt, allerdings wurde nicht konkret unterschieden, auf welcher Bodenbedeckungsart genau die Tannen auf den jeweiligen Teilflächen vorkamen. Aus diesem Grund wurden dominierende Bodenbedeckungsarten einer Teilfläche bestimmt und ausgewertet. Es hat sich gezeigt, dass auf bei Moosbedeckung am häufigsten Tannen vorkamen (61,54 %). Allerdings wurde durch das Bestimmen dominierender Bodenbedeckungsarten der Stichprobenumfang deutlich reduziert. Denn flächendeckende Moosstandorte konnten nicht oft gefunden werden. Die begünstigende Wirkung von Moosen auf die Tannenverjüngung konnten auch GÄUMANN (2019) und HUNZIKER und BRANG (2005) feststellen. Denn am öftesten sind Tannen auf Moosen vorgekommen, wobei einzig bei der Tanne eine positive Korrelation zwischen zunehmendem Moosanteil und Tannenanzahl nachgewiesen werden konnte (GÄUMANN, 2019).

Nach den Moosen waren bei den Bodenbedeckungsarten am häufigsten „(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe“ (46,55 %) und „Jungbäume < 1,3 m Höhe“ (29,41 %) in Bezug auf das Vorkommen von Tannenverjüngung zu finden. Erstere kamen auf den Teilflächen hauptsächlich als Heidelbeere vor. Es konnte beobachtet werden, dass Heidelbeere oft mit den Moosen vergesellschaftet war, was das in Relation zu anderen Bodenbedeckungsarten höhere Tannenvorkommen erklären könnte. Beispielsweise kann es zwar sein, dass die Heidelbeere auf einer Teilfläche dominierend ist, dennoch können sich vereinzelte Moospolster auf der Teilfläche befinden, was zu den höheren Werten des Tannenvorkommens geführt haben könnte. Bei „Jungbäume < 1,3 m Höhe“ ist die Tanne selbst auch enthalten, was zu etwas höheren Werten geführt hat. Für zukünftige Aufnahmen dürfte die Tanne bei dieser Form der Bodenbedeckungsart nicht miteinbezogen werden. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass die Tanne als Schattbaumart vielleicht ein wenig vom Schatten der Konkurrenz profitiert hat.

4.6.2 Multiples logistisches Regressionsmodell

Die Erstuntersuchung der unabhängigen Variablen in Kombination mit der abhängigen Variable „Tannenanzahl bis 15 cm Höhe“ hat gezeigt, dass lineare Regressionsmodelle (mit Ausnahme der Anzahl der Samenbäume) dem nicht gerecht werden können. Aus diesem Grund wurde die Tannenanzahl in der Verjüngung in zwei Klassen, „vorhanden“ oder „nicht

vorhanden“, eingeteilt und anschließend ein multiples logistisches Regressionsmodell erstellt. Dabei konnten bei „Kräuter“, „Gräser, Adlerfarn“ und „Lebendholz“ signifikant negative Effekte auf die Anzahl der Tannenverjüngung nachgewiesen werden. Positiven Effekt hatte hingegen die Anzahl der Samenbäume bis 50 m Entfernung auf das Vorkommen der Tannenverjüngung.

Hinsichtlich der Variablen "Jungbäume < 1,3 m Höhe", "(Zwerg-)sträucher < 1,3 m Höhe", "Him- und Brombeere", "Moose, Flechten", "Totholz > 10 cm", "Astmaterial (lebend und tot)", "Streu, offener Boden", "Fels, Schutt" konnte das Modell keine signifikanten Einflüsse feststellen. Bei der Kategorie „Jungbäume < 1,3 m Höhe“ ist, wie bereits erwähnt, die Tanne selbst auch enthalten, was dazu geführt haben könnte, dass das Modell dieser Kategorie keine signifikante negative Wirkung auf das Tannenvorkommen zugeordnet hat. Die (Zwerg-)sträucher, hauptsächlich vertreten durch die Heidelbeere, kamen oft vergesellschaftet mit den Moosen vor, wodurch diese im Modell keinen negativen Effekt hatten. Bei „Him- und Brombeere“, „Streu, offener Boden“, „Fels, Schutt“ hingegen könnten relativ geringe Stichprobenumfänge ähnlich wie bei HUNZIKER und BRANG (2005) dazu geführt haben, dass keine Effekte zu erkennen waren. Bei den Moosen konnte das Modell keine signifikanten Zusammenhänge feststellen. Allerdings sind die Trends, wie vorhin gesehen, gegeben. Im Gegensatz zur Fichte hat Moderholz für die erfolgreiche Verjüngung der Tanne weniger Bedeutung (KALT et al., 2021), was sich auch im Modell gezeigt hat.

Die Art der Bodenvegetation hatte bei den Versuchen von HUNZIKER und BRANG (2005) im logistischen Modell keinen Einfluss auf das Vorkommen von Tannen. Die Autoren vermuten hierbei aber eine zu geringe Anzahl an Versuchsflächen, da andere Studien durchaus Zusammenhänge zwischen der Bodenvegetation und dem Vorkommen von Tannen feststellen konnten. Die Trends aus ihren Daten zeigten, dass positive Effekte von Streu und Moosen, negative von Kräutern und anderen Bodenbedeckungsarten zu beobachten waren. Ebenso konnte GÄUMANN (2019) positive Trends von Moosen auf die Tannenverjüngung beobachten.

Das von GÄUMANN (2019) erstellte logistische Regressionsmodell mit den unabhängigen Variablen Streu, Erde und Moos konnte allerdings keine signifikanten Zusammenhänge feststellen. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen dieser Arbeit. GÄUMANN (2019) hat allerdings die Variable „Vegetation“ im logistischen Modell nicht berücksichtigt.

Natürlich hätten auch weitere Variablen wie etwa das Licht in Form von indirekter oder direkter Strahlung oder die Bodenfeuchtigkeit das Modell differenziert, allerdings wurden diese Parameter aufgrund der hohen Menge an untersuchten Probeflächen nicht mitaufgenommen. Dennoch kann das Pseudo- R^2 nach Nagelkerke von 0,452 gemäß BACKHAUS et al. (2021) als gut bezeichnet werden und 88,3 % richtige Vorhersagen sprechen für die Güte des Modells. Was die Untersuchungen in dieser Arbeit zusätzlich von den oben Genannten unterscheidet, ist das Alleinstellungsmerkmal des Zauns. Dadurch kann der Wildeinfluss auf die Tannen ausgeschlossen und weitestgehend auf die Konkurrenzvegetation zurückgeführt werden.

4.7 Instandhaltung des Zauns

Neben der Erstellung des Zauns ist auch die Instandhaltung von großer Bedeutung. Insbesondere dann, wenn für Baumarten wie etwa die Tanne längere Verjüngungszeiträume zu erwarten sind. Von den insgesamt 60 untersuchten Zäunen wiesen zwei Zäune Löcher von mehreren Metern auf, ein Zaun (Schwandwald) wurde durch eine Lawine komplett zerstört (siehe Abb. 44).



Abb. 44: Durch Lawine komplett zerstörter Zaun (Schwandwald bei Bach)

Die Auswirkungen auf die Tannenverjüngung sind durch eine erste Inaugenscheinnahme deutlich sichtbar geworden. Der ansonsten starke Kontrast zwischen innerhalb und außerhalb des Zauns (bezüglich der Pflanzenanzahl und des Verbisses) verblasst allmählich und wird beispielhaft wie in Abb. 45 auf nahezu der gesamten ehemaligen Zaunfläche zum Ausdruck gebracht. Bei Provenienzversuchen von Weißtannen im süddeutschen Raum war auf einer Versuchsfläche der Wildverbiss ebenfalls Hauptschadensursache, aufgrund eines undichten Zauns (RUETZ et al., 1997). Unabhängig davon ist also ein intakter Zaun für Vergleiche und zum Erhalt der Tanne von großer Bedeutung, egal durch welchen biotischen Faktor Schäden verursacht werden.



Abb. 45: Verbissene Tanne auf der ehemaligen Zaunfläche bei Bach

5 Fazit

Ziel dieser Masterarbeit war, das Projekt „Erhaltung der standortsangepassten heimischen Tanne im Außerfern“ und die Wirksamkeit der Maßnahmen in mehreren Dimensionen zu untersuchen. Die Ergebnisse auf den gezäunten Tannenverjüngungsflächen im gesamten Projektgebiet haben gezeigt, dass das Projekt durchaus zum Erhalt der Tanne beigetragen hat. Auf dem Großteil der 60 untersuchten Zaunflächen wurde Tannenverjüngung gefunden (82 %). Wobei aufnahmebedingt nicht immer alles erfasst werden konnte. Mit 4.500 Tannen pro Hektar im Mittel und 1.288 Tannen pro Hektar im Median auf den eingezäunten Tannenverjüngungsflächen kann das Projekt durchaus als gelungen bezeichnet werden. Der Höhengewichtspunkt der Tannen liegt derzeit bei Tannen bis 15 cm Höhe, gefolgt von den Tannen 15 bis 30 cm Höhe. Der Baumartenanteil konnte auf den gezäunten Tannenverjüngungsflächen von ca. 10 % im Altbestand auf rund 20 % in der Verjüngung verdoppelt werden.

Die Ergebnisse haben des Weiteren gezeigt, dass auch Bodenverwundung zum Erfolg der Tannenverjüngung beitragen kann. Es wurden stets mehr Tannen auf den Flächen mit Bodenverwundung als auf Flächen nur mit Saat gefunden. Sogar unter Beachtung von Samenbäumen als Einflussfaktor konnte immer noch ein positiver Einfluss der Bodenverwundung auf das Aufkommen von Tannenverjüngung nachgewiesen werden.

Der Ausschluss des Wildes hat sich in mehrfacher Hinsicht auf die Tannenverjüngung ausgewirkt. Bezüglich der Stammzahl konnten im Median innerhalb des Zauns doppelt so viel Tannen gefunden werden wie außerhalb des Zauns. Der Einfluss von gezieltem Einzäunen von Verjüngungskegeln (dem Ziel des Projekts, die Tanne zu erhalten und zu fördern geschuldet) kann naturbedingt nicht ausgeschlossen werden. In den Höhenklassen „15 – 30 cm“ und „30 – 50 cm“ konnten signifikante Unterschiede bemerkt werden. Weiters waren teils signifikante Unterschiede hinsichtlich Vitalität, Terminaltriebverbiss und Höhenzuwachs festzustellen.

Bezüglich der Quantität hat die Naturverjüngung ihr volles Potenzial entfalten können, Aufforstungen können dabei nicht mithalten. Hinsichtlich der Qualität wurden weder bei der Vitalität, Mortalität noch bei den Schädigungen nennenswerte Unterschiede zwischen der Naturverjüngung und den Aufforstungen gefunden. Bei den Aufforstungen wurden sogar höhere Zuwächse als bei der Naturverjüngung festgestellt. Nachwirkende Effekte aus dem

Forstgarten sind denkbar. Die Qualität kann gemäß SCHMIDT-VOGT (1966) als sehr gut bezeichnet werden. Der Großteil der aufgeforsteten Pflanzen wies ein ausgewogenes Verhältnis aus Pflanzenhöhe und Wurzelhalsdurchmesser auf.

Ein multiples logistisches Regressionsmodell konnte unter anderem negative Effekte durch Kräuter und Gräser feststellen. Moosen konnten zwar im Modell keine positiven Effekte nachgewiesen werden, allerdings herrschen gewisse Tendenzen vor, dass diese Form der Bodenvegetation Tannenverjüngung begünstigen kann. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs bei Him- und Brombeere dürfte das Modell dort keine negativen Auswirkungen festgestellt haben.

Die Ergebnisse des Wildeinflussmonitorings der Periode 2019 – 2021 (BFW, 2021) bzw. die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen eindeutig ein viel zu geringes Tannenvorkommen (nur auf 23 % bzw. 45 % der Probeflächen) auf. Zumal die Tanne Bestandteil des im Außerfern dominierenden Fichten-Tannen-Buchenwaldtyps ist. Des Weiteren ist das in dieser Arbeit erhobene Verbissprozent der Tanne außerhalb des Zauns mit einem Median von 50 % viel zu hoch. Laut EIBERLE und NIGG (1987) liegt der kritische Wert der Tanne bei 9 %. Daher ist eine Erweiterung der Zaunflächen anzudenken. Die Errichtung von Zaunflächen und der damit einhergehende (kleinflächige) Schutz der Tanne dürfte kurzfristig gesehen deutlich einfacher zu realisieren sein als über die Jagd. Auf großer Fläche hingegen ist ein erhöhter Abschuss von vor allem Rot- und Rehwild für die langfristige Sicherstellung der Etablierung der Tanne unabdingbar.

Gerade auf Flächen mit den generalisierten Waldtypen „Fichten-Tannen-Buchenwald“ sowie „Fichten-Tannenwald“ laut Tiroler Walddtypisierung (LAND TIROL, 2022a) wären durchaus noch genügend potentielle Standorte für neue Zaunflächen vorhanden. Mit Hinblick auf den Klimawandel sollten diese allerdings vermehrt auf der hochmontanen Höhenstufe errichtet werden. Auf kleinstandörtlicher Ebene muss hingegen von der Errichtung der Zaunflächen auf Flächen ohne Überschildung aufgrund des Freiflächenklimas verzichtet werden, da diese für die Tanne nicht optimal sind. Der unbedeckte Himmelsanteil liegt idealerweise zwischen 11 % und 30 % (KOLLY und KUPFERSCHMID, 2014; KUČERAVÁ et al.; 2012).

Bezüglich der Maßnahmenwahl auf den Zaunflächen ist im Hinblick auf standortsangepasste Tannen der Naturverjüngung der Vorzug zu geben. Es hat sich zwar gezeigt, dass auf den

Aufforstungsflächen die Stetigkeit (ob Tannen vorgekommen sind oder nicht) etwas besser als auf den Naturverjüngungsflächen war, letztere aber hinsichtlich der Anzahl klar der Aufforstung überlegen sind. Bei fehlenden Samenbäumen oder nicht zufriedenstellender Naturverjüngung ist es hingegen ratsam mit Aufforstungen zu arbeiten. Allerdings sollten die aufgeforsteten Tannen am besten aus heimischem standortsangepassten Saatgut stammen, um dem Projekt auch gerecht zu werden.

Literaturverzeichnis

- AMMER, C. (1996): Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management* 88: S. 43-53.
- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; GENSLER, S.; WEIBER, R.; WEIBER, T. (2021): *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*. 16. Auflage, Berlin: Springer Gabler.
- BFI REUTTE (Hrsg.) (2018): *Bildersammlung zur 2018 in Lermoos durchgeführten Samenernte*.
- BFI REUTTE (Hrsg.) (2021a): *Mündliche Berichterstattung zum richtigen Zeitpunkt der Samenernte*.
- BFI REUTTE (Hrsg.) (2021b): *Bildersammlung zu den 2021 durchgeführten Außenaufnahmen in Reutte*.
- BFW (Hrsg.) (2021): *Wildeinflussmonitoring 2019 – 2021: Bezirksergebnisse Reutte*. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien.
- BFW (Hrsg.) (2022): *Österreichische Waldinventur – Periode 2016 – 2021. Regionale Auswertung für die Bezirksforstinspektion Reutte*. <https://geo.bfw.ac.at/oewi/#/> [15.12.2022].
- BISCHOF, T.; THORMANN, J.; ZBINDEN, K.; KUPFERSCHMID, A. (2019): Positive Beispiele der Wald-Wild-Situation bei der Weisstannenverjüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 170: S. 142-152.
- BRANG, P. (1995): *Experimentelle Untersuchungen zur Ansamungsökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald*. Diss. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- BRANG, P.; HILFIKER, S.; WASEM, U.; SCHWYZER, A.; WOHLGEMUTH, T. (2015): *Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung*. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 166: S. 147-158.
- CREMER, E.; ZIEGENHAGEN, B.; SCHULEROWITZ, K.; MENGEL, C.; DONGES, K.; BIALOZYT, R.; HUSSENDÖRFER, E.; LIEPELT, S. (2012): Local seed dispersal in European silver fir (*Abies alba* Mill.): lessons learned from a seed trap experiment. *Trees* 26: S. 987-996.

- DE JEL, S.; VACIK, H. (2012): Die waldbauliche Charakterisierung der Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Südtirol. Die Bodenkultur 63: S. 43-56.
- DENGLER, A. (1930): Keimung und Fußfassen der Verjüngung. In: Ökologie des Waldes. Berlin, Heidelberg: Springer.
- DIACI, J. (2002): Regeneration dynamics of Norway Spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. Forest Ecology and Management 161: S. 27-38.
- DOBROWOLSKA, D.; BONČINA, A.; KLUMPP, R. (2017): Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. Journal of Forest Research 22: S. 326-335.
- EIBERLE, K.; NIGG, H. (1987): Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 138: S. 747-785.
- FEICHTER, S. (2011): Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) und ihre Verjüngungssituation im Hochpustertal, Südtirol. Masterarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- FELLINGER, S. (2022): Osttirol: Forstliches Katastrophengebiet – künftiges Wildparadies. Jagd in Tirol 74: S. 24-27.
- FERLIN, F. (2002): The growth potential of understorey silver fir and Norway spruce for uneven-aged forest management in Slovenia. Forestry 75: S. 375-383.
- FRANK, G. (2014): Waldverjüngung und Verbiss. Österreichische Forstzeitung 125: S. 33-35.
- FREY, H. (2003): Die Verbreitung und die waldbauliche Bedeutung der Weisstanne in den Zwischenalpen. Ein Beitrag für die waldbauliche Praxis. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 154: S. 90-98.
- GÄUMANN, S. (2019): Räumliche Zusammenhänge zwischen Keimlingen und Samenbäumen an drei Standorten im Raum Zürich: Analyse zur Samenverbreitung und Mikrohabitat einheimischer Baumarten. Masterarbeit Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg.) (2009): Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen der Geologischen Bundesanstalt – Karte aus GEOFAST. https://opac.geologie.ac.at/ais312/dokumente/115_M28.pdf [15.12.2022].

- GILL, R.; BEARDALL, V. (2001): The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry* 74: S. 209-218.
- HÖLLERL, S.; MOSANDL, R. (2009): Der Bergahorn im Bergmischwald – unübertroffen in seinem Verjüngungspotential. *LWF Wissen* 62: S. 24-28.
- HUBER, M. (2022): Untersuchungen von Einzelschutzmaßnahmen gegen Wildverbiss an Tannen und Laubhölzern. Bachelorarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- HUNZIKER, U.; BRANG, P. (2005): Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest Ecology and Management* 210: S. 67-79.
- JENNER, R.; ŠEHO, M. (2021): Saatgut-Lagerversuch bei Weißtanne. *LWF Wissen* 129: S. 27-28.
- KALT, T.; NIKOLOVA, P.; GINZLER, C.; BEBI, P.; EDELKRAUT, K.; BRANG, P. (2021): Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 172: S. 156-165.
- KATEB, H.; STOLZ, M.; MOSANDL, R. (2009): Der Einfluss von Wild und Weidevieh auf die Verjüngung im Bergmischwald: 20-jähriges Wild-Weide-Experiment bestätigt Schalenwildeinfluss. *LWF aktuell* 71: S. 16-18.
- KLUG, P. (2005): Vitalität und Entwicklungsphasen bei Bäumen. *PRO BAUM* 01/2005: S. 2-5.
- KNOKE, T.; HOTHORN, T.; MOSANDL, R.; KENNEL, E. (2008): Verbissgutachten zeichnen realistisches Bild: Gutachten zur Situation der Waldverjüngung sind objektiv und zuverlässig. *LWF aktuell* 62: S. 50-52.
- KOLLY, A.; KUPFERSCHMID, A. (2014): Reaktion von Weisstannen auf ein- bis mehrmaligen Verbiss entlang von Lichtgradienten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 165: S. 198-207.
- KOLO, H. (2016): Methoden zur Beurteilung von Wildverbiss. *AFZ-DerWald* 71: S. 20-22.
- KONÔPKOVÁ, A.; KURJAK, D.; KMEŤ, J.; KLUMPP, R.; LONGAUER, R.; DITMAROVÁ, Ľ; GÖMÖRY, D. (2018): Differences in photochemistry and response to heat stress between silver fir (*Abies alba* Mill.) provenances. *Trees* 32: S. 73-86.

- KÖRNER, A.; KOLO, H.; STIMM, B.; WEZEL, G. (2012): Stufigkeit als wichtiges Merkmal der Qualität von Forstpflanzen. *AFZ-DerWald* 67: S. 13-15.
- KUČERAVÁ, B.; DOBROVOLNÝ, L.; REMEŠ, J. (2012): Responses of *Abies alba* seedlings to different site conditions in *Picea abies* plantations. *Dendrobiology* 69: S. 49-58.
- KUPFERSCHMID, A. (2018): Selective browsing behaviour of ungulates influences the growth of *Abies alba* differently depending on forest type. *Forest Ecology and Management* 429: S. 317-326.
- KUPFERSCHMID, A.; BRANG, P. (2010): Praxisrelevante Grundlagen: Zusammenspiel zwischen Wild und Wald. In: BUNDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.) (2010): *Wald und Wild – Grundlagen für die Praxis: Wissenschaftliche Methoden und methodische Grundlagen zum integralen Management von Reh, Gämse und Rothirsch und ihrem Lebensraum*. Umwelt-Wissen 1013: S. 9-39.
- KUPFERSCHMID, A.; BÜTIKOFER, L.; HOTHORN, T.; SCHWYZER, A.; BRANG, P. (2020): Ungulate Species and Abundance as well as Environmental Factors Determine the Probability of Terminal Shoot Browsing on Temperate Forest Trees. *Forests* 11: S. 764.
- KUPFERSCHMID, A.; HEIRI, C.; HUBER, M.; FEHR, M.; FREI, M.; GMÜR, P.; IMESCH, N.; ZINGGELER, J.; BRANG, P.; CLIVAZ, J.; ODERMATT, O. (2015): Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 166: S. 420-431.
- KUPFERSCHMID, A.; WASEM, U.; BUGMANN, H. (2014): Wie reagiert die Weisstanne nach Verbiss? *Wald und Holz* 95: S. 23-26.
- KUTTER, M.; GRATZER, G. (2006): Neue Methoden zur Abschätzung der Samenverbreitungsdistanzen von Waldbäumen am Beispiel der Verbreitung von *Picea Abies*, *Abies alba* und *Fagus sylvatica*. *Austrian Journal of Forest Science* 123: S. 103-120.
- LAND TIROL (Hrsg.) (2019a): *Waldtypisierung Tirol: Wuchsgebietsbeschreibung 2.1 Nördliche Zwischenalpen – Westteil*. Abt. Forstplanung, Innsbruck.

- LAND TIROL (Hrsg.) (2019b): Walddtypisierung Tirol: Wuchsgebietsbeschreibung 4.1 Nördliche Randalpen – Westteil. Abt. Forstplanung, Innsbruck.
- LAND TIROL (Hrsg.) (2021a): Tiroler Waldbericht: über das Jahr 2021 an den Tiroler Landtag. www.tirol.gv.at/umwelt/wald/waldzustand/waldzustandsbericht [15.12.2022].
- LAND TIROL (Hrsg.) (2021b): Projektsteuerung: Pflege FWP. Aufnahmeanweisung (Version 1, Frühjahr 2021). Abt. Forstplanung, Innsbruck.
- LAND TIROL (Hrsg.) (2022a): Generalisierte Walddtypisierungskarte für den Bezirk Reutte. Abt. Forstplanung, Innsbruck.
- LAND TIROL (Hrsg.) (2022b): Jagdkataster Tirol. Auswertung für den Bezirk Reutte. Abt. Waldschutz, Innsbruck. <https://data-tiris.opendata.arcgis.com/datasets/jagdkataster-1> [06.12.2022].
- LAND TIROL (Hrsg.) (2022c): Jagdstatistik für das Jagdjahr 2021/2022. https://www.tirol.gv.at/fileadmin/presse/bilder/Geisler/Jagdstatistik_2021/2022/Jagdstatistik_2021-22_Stand_20220117.pdf [15.12.2022].
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OÖ (Hrsg.) (2019): Standortsgerechte Aufforstung: Leitfaden für eine systematische Entscheidungsfindung. Neuauflage 2019, Linz.
- LEHMANN, B. (2009): Einzelschutz kontra Zaun – Entscheidungskriterien für Auswahl technischer Wildschadensabwehrmittel gegen Wildverbiss. In: MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (Hrsg.) (2009): Wissenstransfer in die Praxis: Beiträge zum 4. Winterkolloquium am 26. Februar 2009 in Eberswalde: S. 60-66.
- LEITGEB, E. (2004): Häufige verjüngungsökologische Probleme bei der Bestandesbegründung. BFW Praxisinformation 4: S. 7-9.
- MACFARLAND, T.; YATES, J. (2016): Introduction to nonparametric statistics for the biological sciences using R. Cham: Springer.
- MEIER, M. (2014): Einfluss des Schalenwildes auf die Vegetationszusammensetzung des montanen Fichten-Tannen-Buchenwaldes im Ausserfern. Masterarbeit Leopold Franzens Universität, Innsbruck.

- MOTTA, R. (1996): Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps. *Forest Ecology and Management* 88: S. 93-98.
- MUCK, P.; BORCHERT, H.; ELLING, W.; HAHN, J.; IMMLER, T.; KONNERT, M.; VALENTOWSKI, H.; WALTER, A. (2008): Die Weißtanne – ein Baum mit Zukunft: Die Weißtanne ist ein Hoffnungsträger für den Waldbau im Klimawandel. *LWF aktuell* 67: S. 56-58.
- MÜLLER, J.; GOBNER, M. (2004): Tierökologische Bedeutung der Weißtanne. *LWF Wissen* 45: S. 74-77.
- NATHAN, R.; KATUL, G.; HORN, H.; THOMAS, S.; OREN, R.; AVISSAR, R.; PACALA, S.; LEVIN, S. (2002): Mechanisms of long-distance dispersal of seeds by wind. *Nature* 418: S. 409-413.
- NEOPHYTOU, C. (2015): Genetik der Weißtanne: Ein- oder Vielfalt? *standort.wald* 49: S. 85-100.
- NOPP-MAYR, U.; KEMPTER, I.; MURALT, G.; GRATZER, G. (2015): Herbivory on young tree seedlings in old-growth and managed mountain forests. *Ecological Research* 30: S. 479-491.
- OBeregger, P. (2012): Die aktuelle Verbreitung der Tanne (*Abies Alba* Mill.) und deren Verjüngungssituation im Eisacktal. Masterarbeit Universität für Bodenkultur, Wien.
- ODERMATT, O. (2009): Wildtiereinfluss auf die Waldverjüngung messen: mit Stammzahlen oder mit dem Verbissprozent? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 160: S. 303-310.
- ODERMATT, O. (2018): Das Verbissprozent – eine Kontrollgröße im Wildmanagement. *WSL Merkblatt für die Praxis* 62.
- PALUCH, J. (2004): The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. *Forest Ecology and Management* 205: S. 283-298.

- PALUCH, J. (2011): Ground seed density patterns under conditions of strongly overlapping seed shadows in *Abies alba* Mill. Stands. European Journal of Forest Research 130: S. 1009-1022.
- POMMERENING, A.; GRABARNIK, P. (2019): Individual-based methods in Forest Ecology and Management. Cham: Springer.
- PRIETZEL, J.; AMMER, C. (2007): Montane Bergmischwälder der Bayerischen Kalkalpen: Reduktion der Schalenwilddichte steigert nicht nur den Verjüngungserfolg, sondern auch die Bodenfruchtbarkeit. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 179: S. 104-111.
- QGIS.ORG (Hrsg.) (2020): QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org> [15.12.2022].
- R CORE TEAM (Hrsg.) (2021): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> [15.12.2022].
- REIMOSER, F. (2000): Anmerkungen zur Feststellung von Wildverbiss und zum Vergleich von Verbisskennzahlen. Zeitschrift für Jagdwissenschaft 46: S. 51-56.
- REIMOSER, F. (2010): Österreichisches Wildeinfluss-Monitoring. WEIDWERK 10/2010: S. 8-14.
- REIMOSER, F.; ODERMATT, O.; ROTH, R.; SUCHANT, R. (1997): Die Beurteilung von Wildverbiss durch SOLL-IST-Vergleich. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168: S. 214-227.
- REIMOSER F.; REIMOSER S. (2003): Ergebnisse aus dem Vergleichsflächenverfahren („Wildschaden-Kontrollzäune“) - ein Beitrag zur Objektivierung der Wildschadensbeurteilung. In: MÜLLER, F. (Hrsg.): Ist die natürliche Verjüngung des Bergwaldes gesichert? Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien. Berichte 130: S. 151-159.
- REIMOSER, F.; REIMOSER, S. (2009): Treffsicherheit von Indikatoren zur Feststellung der Auswirkungen von Schalenwild auf die Waldverjüngung: Analyse von langfristigen Wildverbiss-Kontrollflächen. In: FUST-TIROL (Hrsg.): Forschungsberichte aus dem alpinen Raum. Alpine Umwelt 165: S. 131-177.

- REIMOSER, F.; REIMOSER, S. (2017): Richtiges Erkennen von Wildschäden am Wald. 4. Auflage, Wien: Zentralstelle Österreichischer Landesjagdverbände.
- REIMOSER, F.; REIMOSER, S.; KLANSEK, E. (2006): Wild-Lebensräume: Habitatqualität, Wildschadenanfälligkeit, Bejagbarkeit. Wien: Zentralstelle Österreichischer Landesjagdverbände.
- RÜEGG, D. (1999): Zur Erhebung des Einflusses von Wildtieren auf die Waldverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 150: S. 327-331.
- RÜEGG, D.; NIGG, H. (2003): Mehrstufige Verjüngungskontrollen und Grenzwerte für die Verbissintensität. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 154: S. 314-321.
- RÜEGG, D.; SCHWITTER, R. (2002): Untersuchungen über die Entwicklung der Verjüngung und des Verbisses im Vivian-Sturmgebiet Pfäfers. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153: S. 39-139.
- RUETZ, W.; FRANKE, A.; STIMM, B. (1997): Der Süddeutsche Weißtannen (*Abies alba* MILL.)-Provenienzversuch: Jugendentwicklung auf den Versuchsflächen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 169: S. 116-126.
- RUHM, W. (2004): Verjüngungsökologische Untersuchungen in der hochmontanen Stufe des Wechselgebirges. BFW Praxisinformation 4: S. 9-13.
- RUPRECHT, H.; VACIK, H. (2009): Aufnahmeschlüssel für die Erhebung in Naturwaldreservaten für das Projekt „ELENA“. Institut für Waldbau. Universität für Bodenkultur, Wien.
- SCHIRMER, R. (2004): Zum Vermehrungsgut der Weißtanne. LWF Wissen 45: S. 54-57.
- SCHMIDT, O. (2019): Vielfältige Pionierbaumarten: Weichlaubhölzer: Hotspots der Artenvielfalt in unseren Wäldern. LWF aktuell 122: S. 33-36.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1961): Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen: Die Entwicklung von Forstpflanzen in Abhängigkeit von Erbgut und Umwelt und die Möglichkeiten der Gütebeurteilung. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1966). Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. München: BLV Verlagsgesellschaft.

- SCHODTERER, H. (2004): Verjüngung und Wildeinfluss – Inventurergebnisse richtig interpretieren. Forstschutz aktuell 31: S. 13-16.
- SCHREINER, M. (2000): Vorkommen und Ausbreitung von Brombeeren sowie ihre Bedeutung für die Naturverjüngung von Tannen-Fichten-Wäldern: dargestellt am Beispiel der Region "Oberer Neckar". Diss. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau.
- SCHÜLER, S. (o. J.): Verbissintensität von Fichten genetisch bestimmt. BFW, Institut für Waldwachstum, Waldbau & Genetik. <https://www.bfw.gv.at/verbissintensitaet-fichte-genetik/> [15.12.2022].
- SENN, J.; HÄSLER, H. (2005): Wildverbiss: Auswirkungen und Bedeutung. Forum für Wissen 2005: S. 17-25.
- SENN, J.; SUTER, W. (2003): Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. Forest Ecology and Management 181: S. 151-164.
- STIMM, B.; ROTHKEGEL, W.; RUPPERT, O.; MOSANDL, R. (2014): Die Qualität von Forstpflanzen als entscheidende Voraussetzung für den Kulturerfolg. LWF Wissen 74: S. 54-62.
- SUTER, W. (2005): Vom Verbissprozent zur Walddynamik: Der weite Weg zum Verständnis der Wechselbeziehungen zwischen Wald und Huftieren. Forum für Wissen 2005: S. 7-16.
- UTSCHIG, H. (2004): Waldwachstumskundliche Charakterisierung der Tanne. LWF Wissen 45: S. 18-23.
- VACIK, H.; RUPRECHT, H.; STEINER, H.; FRANK, G. (2010): ELENA: Empfehlungen für die Naturverjüngung von Gebirgswäldern – eine Studie zur natürlichen Regeneration in Naturwaldreservaten. Institut für Waldbau. Universität für Bodenkultur, Wien.
- WALDPFLEGEVEREIN TIROL (Hrsg.) (2017): Erhaltung der standortsangepassten heimischen Tanne im Außerferner Wald. Auszug aus der Projektbeschreibung.
- WASEM, U. (2005): Die Bedeutung des Kleinstandortes. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. <https://www.wsl.ch/de/wald/bewirtschaftung-und-waldfunktionen/waldbau-wachstum-und-ertrag/waldverjuengung/kleinstandort.html> [15.12.2022].

- WEISBERG, P.; BONAVIDA, F.; BUGMANN, H. (2004): Modeling the interacting effects of browsing and shading on mountain forest tree regeneration (*Picea abies*). Ecological Modelling 185: S. 213-230.
- WICKHAM, H. (2016): ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org> [15.12.2022].
- WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. (2021): dplyr: A Grammar of Data Manipulation. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr> [15.12.2022].
- ZAMG (Hrsg.) (2022): Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Daten zum direkten Download. <https://data.hub.zamg.ac.at/> [15.12.2022].

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht der 94 aufgestellten Zäune	4
Abb. 2: Typischer Zaun mit rund 25 x 25 m Länge	5
Abb. 3: Zapfenschnitt zur Überprüfung des Reifestadiums der Körner (BFI REUTTE, 2018)	5
Abb. 4: Standortsangepasste Tannen im Saatbeet des Forstgartens in Elbigenalp (Oktober 2021).....	6
Abb. 5: Niederschlags- und Temperaturjahresverlauf für Reutte (Stadt).....	7
Abb. 6: Generalisierte Walddtypisierungskarte laut Tiroler Walddtypisierung inkl. Aufstellungsorte der Zäune (LAND TIROL, 2022a)	8
Abb. 7: Der Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m Höhe beträgt auf dieser Probefläche mehr als 5/10. Eine Aufnahme fand hier somit nicht statt.	14
Abb. 8: Auch hier ist der Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m Höhe größer als 5/10. Es fand somit keine Aufnahme statt.	15
Abb. 9: Probeflächenschema mit einer Fläche von 200 m ² (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009).....	16
Abb. 10: Einklappbarer Holzrahmen - Innenmaß 1 x 1 m	17
Abb. 11: Aufgenommene Zaunflächen und Maßnahmen im Überblick (n = 60).....	27
Abb. 12: Relative Häufigkeit der getätigten Maßnahmen auf den Zaunflächen (n = 60).....	28
Abb. 13: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen (n = 60).....	28
Abb. 14: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen, eingeteilt nach Höhenklassen (n = 60)	29
Abb. 15: Mittlere Tannenanzahl pro Hektar innerhalb des Zauns – für alle Probeflächen und Maßnahmen, eingeteilt nach Höhenklassen (n = 60)	30
Abb. 16: Die Baumartenanteile - Altbestand und Verjüngung (n = 59)	31

Abb. 17: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns - eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns.....	33
Abb. 18: Plätzeaat in Berwang (verändert nach BFI Reutte, 2021b).....	34
Abb. 19: Vorhandensein von Tannenverjüngung innerhalb des Zauns - eingeteilt nach Maßnahmen und Samenbäumen	34
Abb. 20: Die Tannenanzahl innerhalb des Zauns – eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns, ohne Berücksichtigung der Pflanzenhöhe (Probeflächenanzahl n = 60).....	35
Abb. 21: Mittlere Tannenanzahl pro Hektar - eingeteilt nach Maßnahmen innerhalb des Zauns und Höhenklassen (Probeflächenanzahl n = 60).....	36
Abb. 22: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns unabhängig von der Baumart (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	38
Abb. 23: Vergleichsfoto zwischen Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns in Elmen. Die Unterschiede in der Pflanzenanzahl sind allein durch optische Begutachtung deutlich erkennbar.	39
Abb. 24: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns – eingeteilt nach Pionier-, Halbschatt- und Schattbaumarten (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	40
Abb. 25: Die Stammzahlen der Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns - eingeteilt nach Baumartengruppen und Höhenklassen (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	41
Abb. 26: Mittlere Tannennaturverjüngungsanzahl nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	43
Abb. 27: Verjüngungshemmnisse der Tanne innerhalb und außerhalb des Zauns für alle Probeflächen und Maßnahmen (Probeflächenanzahl jeweils n = 60).....	45
Abb. 28: Vitalität der Tannen aus Naturverjüngung, eingeteilt in "Sehr gut", "Mittel" und "Schlecht" – innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)	45

Abb. 29: Vorhandene Schäden an den Tannen aus Naturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)	46
Abb. 30: Terminaltriebverbiss durch Schalenwild an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)	47
Abb. 31: Seitentriebverbiss durch Schalenwild an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9; Pflanzanzahl innerhalb n = 206; Pflanzanzahl außerhalb n = 60)	48
Abb. 32: Mittlere Seitentriebverbissrate an Tannennaturverjüngung innerhalb und außerhalb des Zauns nach Höhenklassen (Probeflächenanzahl jeweils n = 9)	49
Abb. 33: Verbissene, mehrjährige Tanne aus Naturverjüngung - etwas größer als eine 2-Euro-Münze.....	50
Abb. 34: Relative Höhenzuwächse der Tannen aus Naturverjüngung nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 9)	50
Abb. 35: Vitalität der Tanne, eingeteilt in "Sehr gut", "Mittel" und "Schlecht" – Naturverjüngung (Probeflächenanzahl n = 19; Pflanzanzahl n = 430) und Aufforstung (Probeflächenanzahl n = 20; Pflanzanzahl n = 254)	52
Abb. 36: Vorhandene Schäden an den Tannen aus der Naturverjüngung (Probeflächenanzahl n = 19; Pflanzanzahl n = 430) und Aufforstungen (Probeflächenanzahl n = 20; Pflanzanzahl n = 254).....	53
Abb. 37: Relativer Höhenzuwachs der Tannen aus der Naturverjüngung (Probeflächenanzahl n = 19) und Aufforstungen (Probeflächenanzahl n = 20) nach Höhenklassen.....	54
Abb. 38: Wurzelhalsdurchmesser und Höhe der aufgeforsteten Tannen inkl. Rahmengrenzwerte nach SCHMIDT-VOGT (1966) (Probeflächenanzahl n = 22; Pflanzanzahl n = 262).....	55

Abb. 39: Mittlere Tannennaturverjüngungsanzahl bis 15 cm Höhe pro m ² und Tannensamenbäume bis 50 m Entfernung. Probeflächen mit gleicher Tannen- und Samenbaumanzahl haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl n = 49)	56
Abb. 40: Einfluss der mittleren Höhe der Bodenvegetation auf die Tannennaturverjüngung. Teilflächen mit gleicher Tannenanzahl und gleicher mittleren Höhe der Bodenvegetation haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl n = 49; Teilflächenanzahl n = 784)	57
Abb. 41: Die Tannennaturverjüngungsanzahl bis 15 cm Höhe pro m ² im Verhältnis zum Anteil einer Bodenbedeckungsart. Teilflächen mit gleicher Tannenanzahl und gleichem prozentualen Anteil der Bodenbedeckungsart haben eine dunklere Färbung (Probeflächenanzahl n =	58
Abb. 42: Von oben links nach rechts unten: (a) Vergrasung mit Adlerfarn, (b) Verkrautung, (c) Heidelbeerbewuchs, (d) Himbeerbewuchs, (e) Totholz, (f) felsiger Untergrund	59
Abb. 43: Das Vorkommen der Tannennaturverjüngung gegliedert nach den dominierenden Bodenbedeckungsarten einer Teilfläche (mind. 50 %) (Probeflächenanzahl n = 49)	60
Abb. 44: Durch Lawine komplett zerstörter Zaun (Schwandwald bei Bach)	81
Abb. 45: Verbissene Tanne auf der ehemaligen Zaunfläche bei Bach	82
Abb. 46: Finden der Probefläche innerhalb des Zauns	V
Abb. 47: Reguläres Probeflächenschema mit einer Fläche von 200 m ² (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	VI
Abb. 48: Probeflächenschema für den Ausnahmefall mit einer Fläche von 150 m ² (verändert nach RUPRECHT und VACIK) 2009)	VII
Abb. 49: Spiegeln der Probefläche - wenn alle anderen Maßnahmen (verschieben, kleinere Probefläche) nicht mehr funktionieren	VII
Abb. 50: Einrichten einer potentiellen Vergleichsfläche, beginnend im Osten	X
Abb. 51: Auffinden einer potentiellen Vergleichsfläche: Falls die Überschildungsdifferenz zu groß ist (1. Vergleichsfläche) und sich Hindernisse neben dem Zaun befinden (2. und 3. Vergleichsfläche)	XI
Abb. 52: Beispiel des Punktiervfahrens	XXIX

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Abschusserfüllung für das Jagdjahr 2021/2022 im Bezirk Reutte. Stand 17.01.2022 (verändert nach LAND TIROL, 2022c).....	8
Tab. 2: Rahmengrenzwerte für Weißtanne – Verhältnis aus Sprosslänge und Wurzelhalsdurchmesser (verändert nach SCHMIDT-VOGT, 1966).....	24
Tab. 3: Die Eingangsvariablen im multiplen logistischen Modell. Aufgelistet nach abhängigen und unabhängigen Variablen. Die Anordnung ist dem Aufnahmemanual nachempfunden. .	25
Tab. 4: Baumartenanteile im Altbestand und in der Verjüngung innerhalb des Zauns (n = 59)	32
Tab. 5: Gerundete Tannenanzahl pro Hektar der einzelnen Maßnahmen im Vergleich.....	35
Tab. 6: Gerundete Stammzahlen pro Hektar innerhalb und außerhalb des Zauns im Vergleich (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	37
Tab. 7: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - unabhängig der Baumart und eingeteilt nach Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	39
Tab. 8: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - eingeteilt nach Baumartengruppen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	40
Tab. 9: Stammzahlenvergleich durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test – eingeteilt nach Baumartengruppen und Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22).....	42
Tab. 10: Gerundete Tannenanzahl pro Hektar innerhalb und außerhalb des Zauns (Probeflächenanzahl jeweils n = 22)	42
Tab. 11: Stammzahlenvergleich der Tanne durch einen einseitigen Mann-Whitney-U-Test - zwischen Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,01 '*' (Probeflächenanzahl jeweils n = 22).....	44

Tab. 12: Relativer Höhenzuwachs der Tanne im Vergleich zwischen Höhenklassen innerhalb und außerhalb des Zauns – einseitiger Mann-Whitney-U-Test. Signifikanzcodes: 0 ‘***’; 0,001 ‘**’; 0,01 ‘*’ (Probeflächenanzahl jeweils n = 9).....	51
Tab. 13: Relativer Höhenzuwachs der Tanne nach Höhenklassen. Ein zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test vergleicht Naturverjüngung und Aufforstung der Tanne innerhalb des Zauns. Signifikanzcodes: 0 ‘***’; 0,001 ‘**’; 0,01 ‘*’ (Probeflächenanzahl Naturverjüngung n = 19; Probeflächenanzahl Aufforstung n = 20)	54
Tab. 14: Ergebnisse des logistischen Regressionsmodells. Signifikanzcodes: 0 ‘***’; 0,001 ‘**’; 0,01 ‘*’ (Probeflächenanzahl n = 49; Teilflächenanzahl n = 784)	61
Tab. 15: Prognosen des logistischen Regressionsmodells. 0 = Tanne nicht vorhanden, 1 = Tanne vorhanden	61
Tab. 16: Die korrigierten Radian entsprechend der Probeflächengröße und Hangneigung – die farblichen Markierungen wurden an den Seilen angebracht.	VIII
Tab. 17: Die Makro- und Mesoreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009)	XIV
Tab. 18: Die Mikroreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009).....	XV
Tab. 19: Bestandesklassen - Ansprache innerhalb des Zauns (verändert nach LAND TIROL, 2021b)	XV
Tab. 20: Hilfestellung zur Bestimmung des Deckungsgrades (verändert nach LAND TIROL, 2021b)	XVI
Tab. 21: Mögliche Verjüngungshemmnisse - Ansprache pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XVIII
Tab. 22: Unterscheidung der Bedeutung von Verjüngungshemmnissen - ebenfalls pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XIX
Tab. 23: Die Mikroreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009).....	XX
Tab. 24: Erfassung der Weideintensität, in vier verschiedenen Stufen (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XXI

Tab. 25: Bestandesklassen - Ansprache innerhalb des Zauns (verändert nach LAND TIROL, 2021b)	XXII
Tab. 26: Hilfestellung zur Bestimmung des Deckungsgrades (verändert nach LAND TIROL, 2021b)	XXIII
Tab. 27: Mögliche Verjüngungshemmnisse - Ansprache pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XXIV
Tab. 28: Unterscheidung der Bedeutung von Verjüngungshemmnissen - ebenfalls pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XXV
Tab. 29: Die Vitalität wird in drei verschiedene Stufen eingeteilt (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009).....	XXVII
Tab. 30: Mögliche Schadmerkmale mit gruppierter Codierung (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009).....	XXVIII
Tab. 31: Der Schädigungsgrad eines Schadmerkmals wird in vier Stufen eingeteilt (RUPRECHT und VACIK, 2009).....	XXVIII
Tab. 32: Einteilung der Höhenklassen – exkl. Tanne.....	XXIX
Tab. 33: Mögliche Bodenbedeckungsarten, eingeteilt in elf verschiedene Kategorien (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)	XXXI
Tab. 34: Aufzunehmende Baumarten im Überblick (verändert nach LAND TIROL, 2021b).....	XXXIII

Formelverzeichnis

Hangneigungskorrektur.....	16
Blow-Up-Faktor	22
Abschlusshöhe des Vorjahres.....	23
Relativer Höhenzuwachs	23

Abkürzungsverzeichnis

Siehe auch das Abkürzungsverzeichnisse des Anhangs A.

BFI Bezirksforstinspektion

WHD Wurzelhalsdurchmesser

Erhaltung der heimischen Tanne im Außerfern

Aufnahmeanweisung (Version 1.1, Juni 2021)

Für die Einbettung in die Masterarbeit nachbearbeitet am 11.09.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Geräte und Unterlagen	IV
2	Einrichten der Probefläche innerhalb des Zauns	V
2.1	Hangneigungskorrektur	VIII
2.2	Aufnahme der Teilflächen - Hilfestellung	VIII
3	Einrichten der Vergleichsfläche außerhalb des Zauns	IX
A.	Formular zur Aufnahme innerhalb des Zauns	XII
1	Allgemeine Erhebungen innerhalb des Zauns	XII
1.1	Probeflächengröße	XII
1.2	Zaunfläche intakt	XII
1.3	Maßnahme zutreffend	XII
1.4	Sperrmaße Zaun	XII
2	Standortsbeschreibung innerhalb des Zauns	XIII
2.1	Standortsanmerkungen	XIII
2.2	Exposition	XIII
2.3	Hangneigung	XIII
2.4	Zeigerpflanzen	XIII
2.5	Makro- und Mesorelief	XIV
2.6	Mikrorelief	XV
3	Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung innerhalb des Zauns	XV
3.1	Bestandesklasse	XV
3.2	Überschirmung	XVI
3.3	Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m in 1/10	XVI
3.4	Baumartenanteile im Altbestand	XVI
3.5	Tannensamenbäume Anzahl	XVII
3.6	Verjüngungshemmnisse	XVIII
3.7	Zusätzliche Maßnahmen?/Kommentar	XIX

B. Formular zur Aufnahme außerhalb des Zauns	XX
1 Allgemeine Erhebungen außerhalb des Zauns.....	XX
2 Standortsbeschreibung außerhalb des Zauns.....	XX
2.1 Standortsanmerkungen.....	XX
2.2 Mikrorelief.....	XX
2.3 Weideintensität.....	XXI
3 Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung außerhalb des Zauns	XXII
3.1 Bestandesklasse	XXII
3.2 Überschildung.....	XXIII
3.3 Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m in 1/10	XXIII
3.4 Tannensamenbäume Anzahl.....	XXIII
3.5 Verjüngungshemmnisse	XXIV
3.6 Zusätzliche Maßnahmen/Kommentar	XXV
3.7 Lageskizze der Vergleichsfläche	XXV
C. Formulare zur Verjüngung	XXVI
1 Aufnahme der Tannenverjüngung	XXVI
1.1 Wurzelhalsdurchmesser.....	XXVII
1.2 Baumhöhe	XXVII
1.3 Höhenzuwachs am Terminaltrieb	XXVII
1.4 Vitalität	XXVII
1.5 Schalenwildverbiss	XXVII
1.6 Schadmerkmale mit Schädigungsgrad	XXVIII
2 Aufnahme der Verjüngung – exklusive Tanne	XXIX
D. Zusätzliche Erhebungen an den Verjüngungsteilflächen - Formular	XXXI
Abkürzungsverzeichnis – Aufnahmeanweisung und Formulare.....	XXXII

1 Geräte und Unterlagen

- Arbeitsmappe
- Punktliste mit Maßnahmen
- Aufnahmemanual, Formulare
- Schreibbrett
- GPS + Ersatzbatterien
- Eisenmarker
- Schlägel
- Holzpflocke
- 5 Seile mit Markierungen der hangneigungsabhängigen Radiuskorrekturen
- Holzrahmen einklappbar 1 x 1 m Innenmaß und Markierungen auf 0,5 m
- Forstliches Maßband (mind. 30 m)
- Fluchtstange (2 m) mit Markierungen der Höhen (15, 30, 50, 80 und 130 cm)
- Bussole
- Neigungsmesser
- Entfernungsmesser
- Zollstock
- Schiebelehre

2 Einrichten der Probefläche innerhalb des Zauns

Die Probefläche wird in der Mitte der Zaunfläche angelegt. Sollte aufgrund einer unregelmäßigen Form des Zaunes die Probefläche mit dem Zaun kollidieren, ist eine **Verschiebung** der Probefläche vom ursprünglichen Mittelpunkt des Zaunes durchzuführen (siehe Abb. 46).

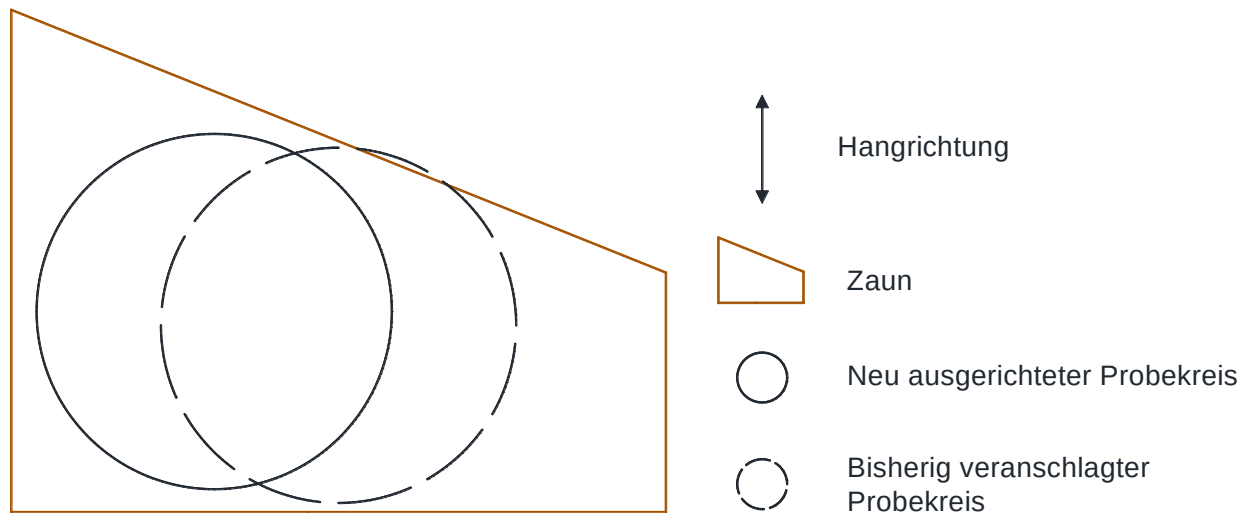


Abb. 46: Finden der Probefläche innerhalb des Zauns

Es kann sein, dass der Probekreis zunächst im Zaun Platz hat. Sobald die notwendige Hangneigungskorrektur allerdings durchgeführt wird, kollidiert möglicherweise die Probefläche mit dem Zaun. Daher ist es ratsam, die Hangneigung von Beginn an miteinzubeziehen. In einem solchen Fall darf erst nach Verschieben der Probefläche eine kleinere Probefläche angewandt werden.

Der **Mittelpunkt** des Probekreises wird mit einem Eisenmarker dauerhaft markiert. Die nachfolgende Abb. 47 veranschaulicht das reguläre Probeflächenschema von **200 m²**. Der Probekreis ist in Segmente (S1-S4) und Teilflächen (1-16) unterteilt.

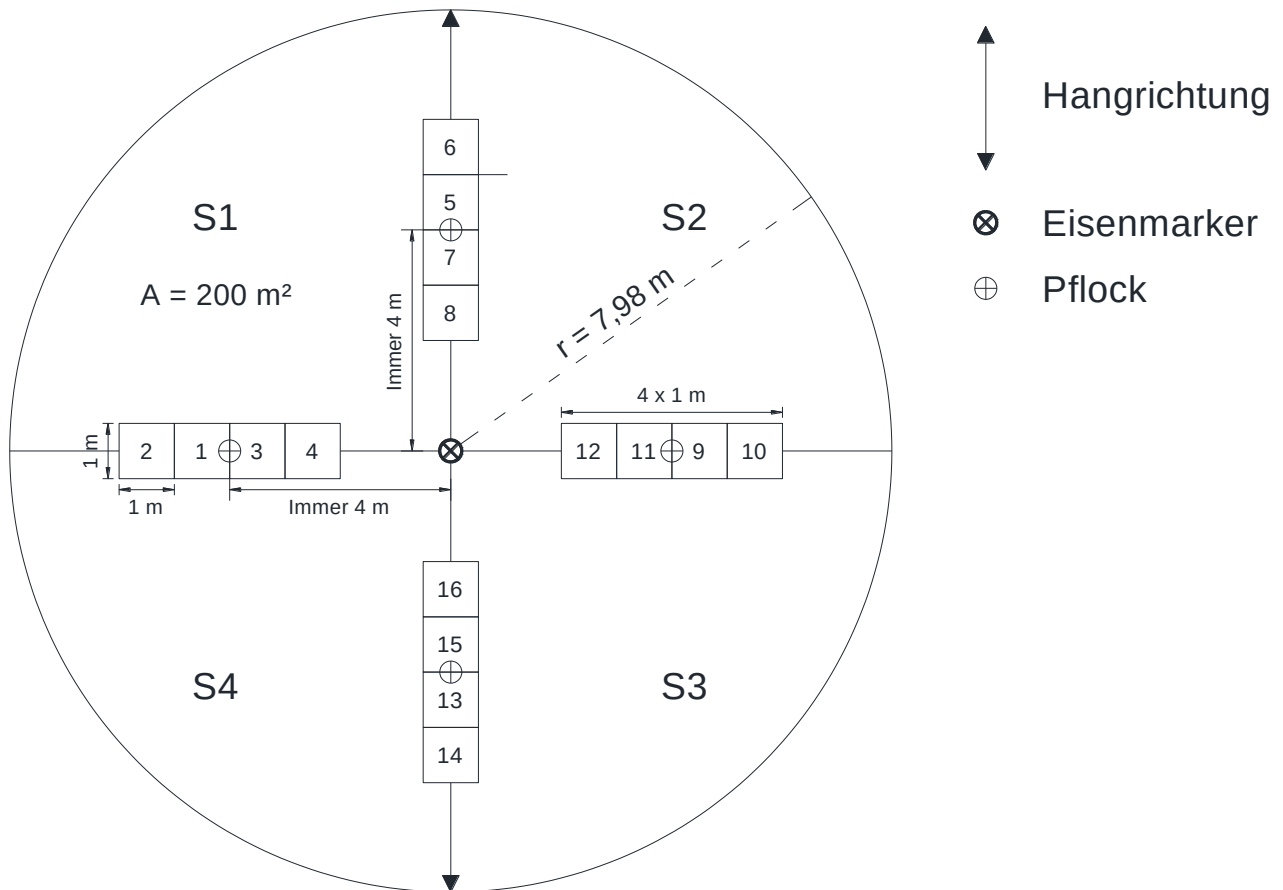


Abb. 47: Reguläres Probeflächenschema mit einer Fläche von 200 m² (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Ausgehend vom Mittelpunkt werden hangparallel bzw. in Hangrichtung insgesamt 4 Pflöcke mit einem Abstand von jeweils 4 m (**unabhängig von der Hangneigung!**) eingeschlagen.

Auf den 1 x 1 m großen Verjüngungsteilflächen 1-16 werden Keimlinge, Mehrjährige bis 15 cm bzw. Mehrjährige von 15 bis 30 cm aller Baumarten gezählt.

Die Verjüngung von 30 bis 130 cm wird auf der gesamten Probefläche von 200 m² aufgenommen.

Eine Probefläche von **150 m²** darf nur im absoluten **Ausnahmefall** angewandt werden. Dieser Ausnahmefall tritt dann ein, wenn nach dem Verschieben des Mittelpunktes die Probefläche immer noch über den Zaun hinausragen würde. Nachfolgende Abb. 48 zeigt den schematischen Aufbau der verkleinerten Probefläche.

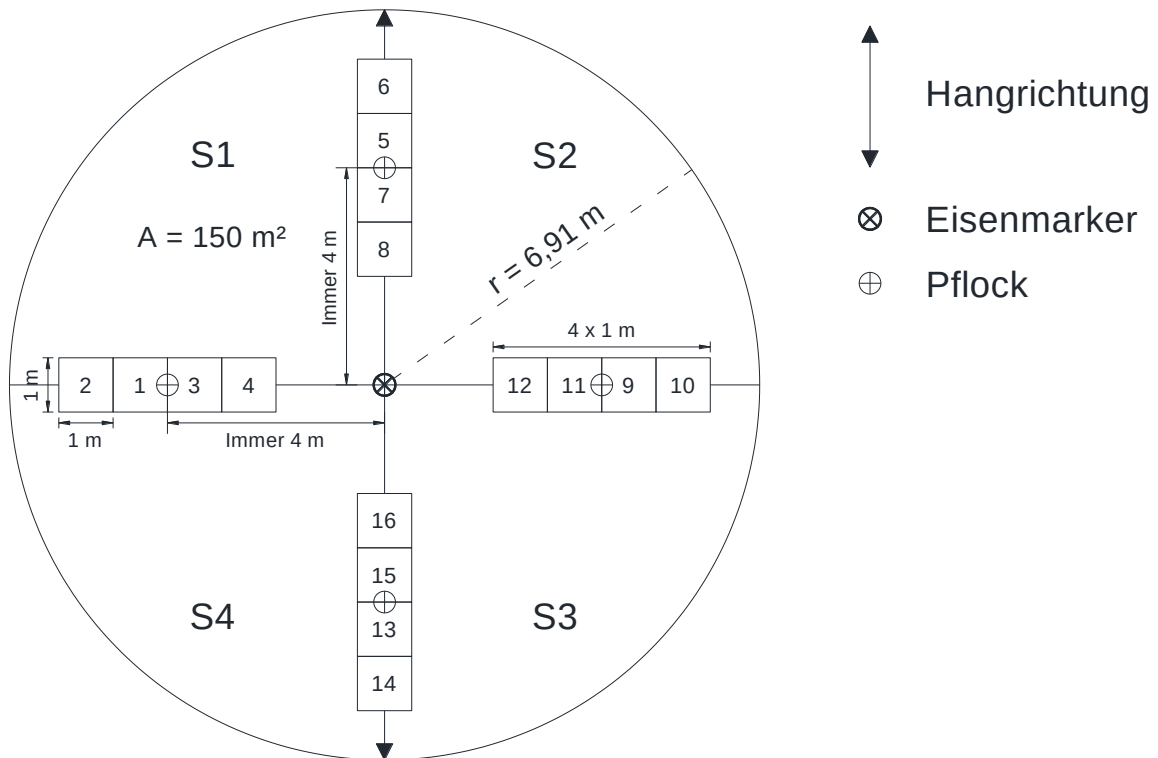


Abb. 48: Probeflächenschema für den Ausnahmefall mit einer Fläche von 150 m² (verändert nach RUPRECHT und VACIK) 2009)

Das verkleinerte Probeflächenschema unterscheidet sich vom regulären Probeflächenschema lediglich im Radius. Anzahl der Teilflächen und Abstände der Pflöcke bleiben dabei unverändert.

Sollte selbst eine Verkleinerung der Probefläche nicht ausreichen und eine Kollision mit dem Zaun immer noch unvermeidbar sein, ist eine **Spiegelung** der Fläche gemäß der folgenden Abb. 49 anzuwenden.

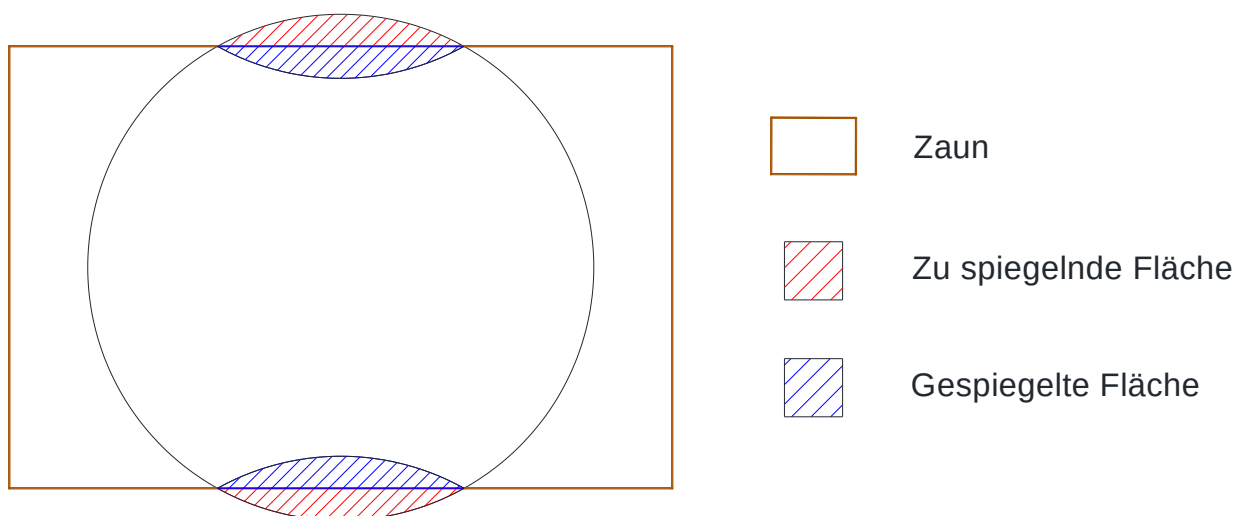


Abb. 49: Spiegeln der Probefläche - wenn alle anderen Maßnahmen (verschieben, kleinere Probefläche) nicht mehr funktionieren

Bei der **Spiegelung** wird der hinausragende Teil der Probefläche in das Innere der Probefläche gespiegelt. Der Zaun fungiert dabei als Spiegelachse. Pflanzen, die zuvor schon erhoben wurden und in den gespiegelten Teil fallen, werden jetzt doppelt aufgenommen. Da noch vor der Spiegelung der Probefläche eine Verkleinerung der Probefläche vorgesehen ist, ist die Anwendung einer Spiegelung eher unwahrscheinlich.

2.1 Hangneigungskorrektur

Für den Probekreis ist eine Hangneigungskorrektur vorgesehen. Die nachfolgende Tabelle zeigt den korrigierten Radius von Hangneigungen in 10% - Schritten. Zur erleichterten Erhebung eines Probekreises werden Seile mit Karabinerhaken verwendet. Mit diesem können die Seile im Mittelpunkt mit dem Eisenmarker verbunden werden. Auf den Seilen ist bereits die entsprechende Hangneigungskorrektur markiert.

Die **schwarzen** Markierungen sind für das **200 m²**- Probeflächenschema, hingegen sind die **roten** Markierungen für das **150 m²**-Probeflächenschema vorgesehen (siehe Tab. 16). Es sind innerhalb als auch außerhalb des Zauns die entsprechenden Hangneigungskorrekturen anzuwenden.

Tab. 16: Die korrigierten Radien entsprechend der Probeflächengröße und Hangneigung – die farblichen Markierungen wurden an den Seilen angebracht.

Hangneigung [%]	200 m ² -Schema schwarze Markierungen [m]	150 m ² -Schema rote Markierungen [m] – AUSNAHME!
0	7,98	6,91
10	8,00	6,93
20	8,06	6,98
30	8,15	7,06
40	8,28	7,17
50	8,44	7,31
60	8,62	7,46
70	8,82	7,63
80	9,03	7,82
90	9,25	8,01
100	9,49	8,22

2.2 Aufnahme der Teilflächen - Hilfestellung

Die Teilflächen werden horizontal auf den Hang projiziert. Daher ist im Gegensatz zum Probekreis keine Hangneigungskorrektur notwendig. Um die Aufnahme in den Teilflächen zu erleichtern, soll ein **Holzrahmen** mit 1 x 1 m Innenmaß als Hilfe herangezogen werden.

Ausgehend vom jeweiligen Pflock werden zuerst immer die Teilflächen in Richtung Probekreisrand erhoben. Erst danach sind die inneren beiden Teilflächen zu erheben. Durch dieses Vorgehen ist nur ein einmaliges Umklappen des Holzrahmens nötig, bevor dieser wieder am Pflock neu ausgerichtet werden kann. So kann besonders in den Teilflächen in Hangrichtung

(5-8 bzw. 13-16) eine höhere Genauigkeit erreicht werden, da der Fortpflanzungsfehler beim Umklappen durch die Horizontierung des Holzrahmens hier stärker zum Tragen kommt.

3 Einrichten der Vergleichsfläche außerhalb des Zauns

Die Probeflächengröße außerhalb des Zauns muss **identisch** mit der Probeflächengröße innerhalb des Zauns sein. Es darf bspw. nicht eine Probefläche von 150 m² innerhalb und eine Probefläche von 200 m² außerhalb des Zauns angewandt werden.

Der Abstand des Kreisrands der Vergleichsfläche außerhalb des Zauns beträgt **2 m Schrägdistanz** zum Zaun. Mit Hilfe der zuvor gemessenen Hangneigung wird die entsprechende Markierung auf dem Seil in einem Abstand von 2 m Schrägdistanz zum Zaun auf dem Boden abgelegt. Anschließend wird in einem Winkel von 90° zum Zaun das andere Ende des Seils mit dem Eisenmarker markiert. Durch diesen Mindestabstand werden Randeffekte durch Wildverbiss entlang des Zauns vermieden.

Grundsätzlich soll die Vergleichsfläche immer auf der **östlichen Seite** des Zauns errichtet werden. Weicht die Überschirmung auf der Vergleichsfläche allerdings um mehr als 2/10 nach oben oder unten hin von der Überschirmung der Probefläche innerhalb des Zauns ab, so ist im Uhrzeigersinn rund um den Zaun (O-S-W-N) eine passende Vergleichsfläche zu suchen. Dabei orientiert sich der Mittelpunkt der Vergleichsfläche immer am Mittelpunkt der Probefläche innerhalb des Zauns (siehe Abb. 50). Eine Verschiebung entlang der zuerst östlichen, südlichen, westlichen und dann nördlichen Zaunseite ist möglich, solange der 2 m Abstand und die Anforderungen an die Überschirmung gewährt bleiben. Die Verschiebung entlang einer Zaunseite darf allerdings nur dann erfolgen, wenn sich dadurch eine geeignetere Vergleichsfläche erzielen lässt.

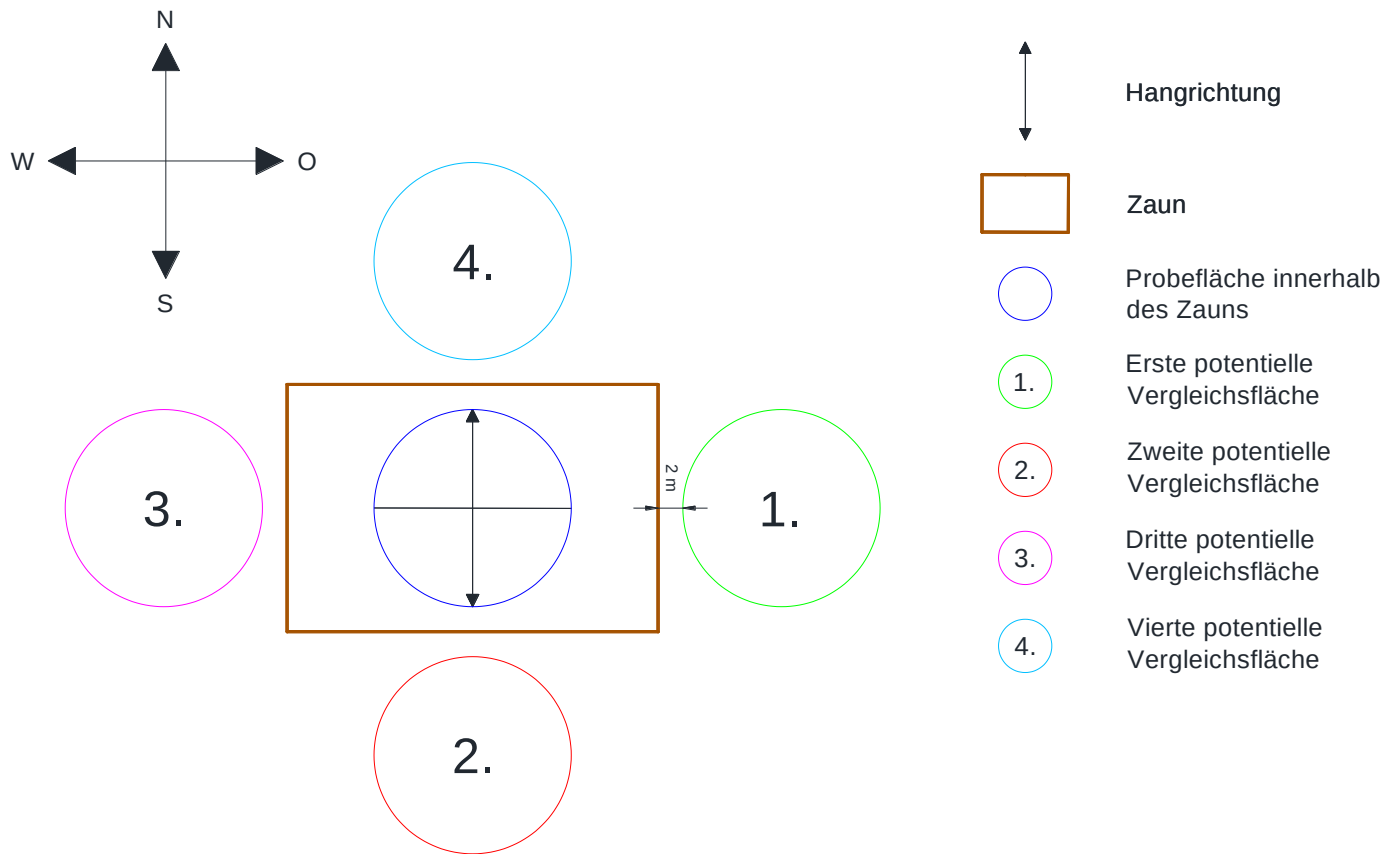


Abb. 50: Einrichten einer potentiellen Vergleichsfläche, beginnend im Osten

Hinweis:

Es kann sein, dass eine Aufnahme auf der ersten potentiellen Vergleichsfläche nicht möglich ist, da die Überschildungsdifferenz mehr als $2/10$ beträgt. Es kann aber auch sein, dass aufgrund von Hindernissen eine Aufnahme auf der zweiten und dritten potentiellen Vergleichsfläche auch nicht möglich ist. Beispielsweise kreuzt eine Forststraße die südliche und westliche Seite des Zauns. Es muss daher auf die vierte und letzte (nördliche) Vergleichsfläche ausgewichen werden (siehe die folgende Abb. 51).

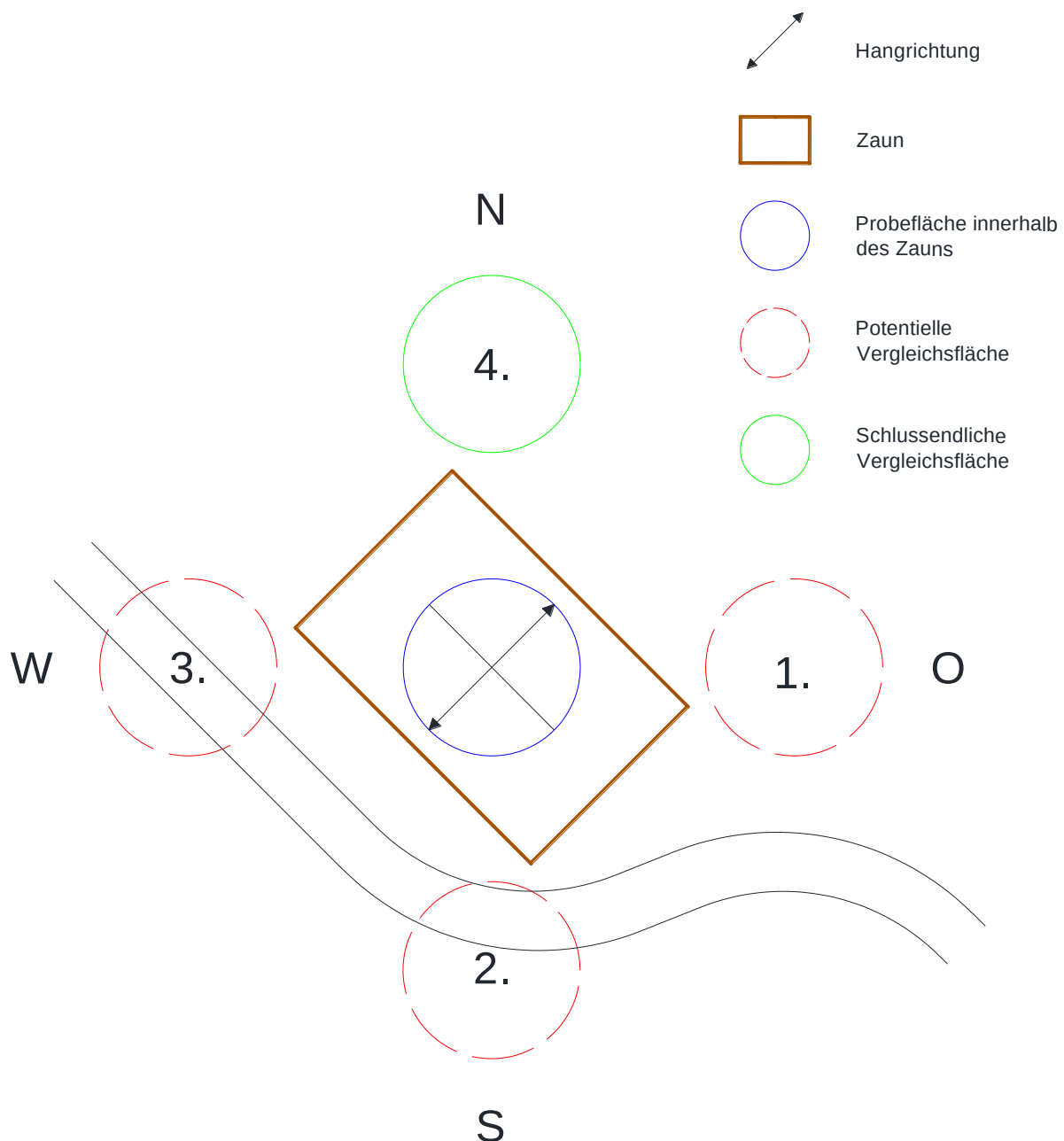


Abb. 51: Auffinden einer potentiellen Vergleichsfläche: Falls die Überschildungsdifferenz zu groß ist (1. Vergleichsfläche) und sich Hindernisse neben dem Zaun befinden (2. und 3. Vergleichsfläche)

Sollte die Überschildung bis zum Schluss hin mehr als um $2/10$ abweichen, ist die Himmelsrichtung mit der geringsten Überschildungsdifferenz und geeigneter Fläche zu wählen. Im **Kommentarfeld** ist zu vermerken, dass eine hohe Abweichung besteht.

A. Formular zur Aufnahme innerhalb des Zauns

1 Allgemeine Erhebungen innerhalb des Zauns

1.1 Probeflächengröße

Die Probeflächengröße ist grundsätzlich so ausgelegt, dass sie stets im Zaun Platz findet. Bei der Verkleinerung der Probefläche von 200 m² auf 150 m² handelt es sich um einen **absoluten Ausnahmefall!** Regulär ist stets die Probefläche von 200 m² anzuwenden. Im Feld ist die entsprechende Probeflächengröße anzukreuzen.

1.2 Zaunfläche intakt

Hier ist anzukreuzen, ob der Zaun beschädigt ist. Im Kommentarfeld unten ist die Beschädigung genauer zu erläutern. Die Aufnahme wird fortgesetzt.

1.3 Maßnahme zutreffend

Hier wird angekreuzt, ob die bereits im System erfasste Maßnahme tatsächlich zutrifft. Beispielsweise ist dort eine zu erhebende Fläche als Naturverjüngungsfläche vermerkt. Das Aufnahmepersonal hat jedoch den Verdacht, dass es sich um eine Aufforstung handelt - dann ist im Feld die zutreffende Maßnahme zu notieren. Oder eine Fläche wurde im System mit „nur Saat“ erfasst. Stellt das Aufnahmepersonal aber zusätzlich eine Bodenverwundung fest, dann ist diese Maßnahme ebenfalls unzutreffend und entsprechend zu ergänzen.

1.4 Sperrmaße Zaun

Es wird die schräge Länge und Breite des Zauns [m] gemessen. Angaben erfolgen 0,1 m genau.

2 Standortbeschreibung innerhalb des Zauns

2.1 Standortanmerkungen

Hier können zusätzliche Angaben in Bezug auf den Standort gemacht werden. Beispielsweise, es befindet sich innerhalb eines Umkreises von 100 m eine Futterstelle oder 50 m weiter östlich des Probeflächenmittelpunkts eine Freifläche.

2.2 Exposition

Angaben erfolgen in Gon. Falls der Kompass nur über eine Altgradskala verfügt, hilft folgende Umrechnung:

Messung in Gon = Messung in Grad * 1,11

Sollte keine Hangneigung gegeben sein, wird das entsprechende Feld mit „eben“ vermerkt.

2.3 Hangneigung

Mit einem Neigungsmesser wird der Mittelwert aus einer Messung in Hangrichtung nach oben und unten gebildet. Angaben erfolgen in Prozent.

2.4 Zeigerpflanzen

Hier können Hinweise zu typischen Zeigerpflanzen einer Waldgesellschaft oder zur Feuchtigkeit auf der Probefläche gemacht werden.

2.5 Makro- und Mesorelief

Die Erfassung des Makroreliefs soll in einem Bereich von 100 – 1000 m, des Mesoreliefs in einem Bereich von 10 – 100 m erfolgen. Die folgende Tab. 17 gibt nähere Erläuterungen („Ma“ = Makrorelief, „Me“ = Mesorelief).

Tab. 17: Die Makro- und Mesoreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Bezeichnung	Begriffsabgrenzung	Bezug
1	Ebene	Flachform großer Erstreckung	Ma
2	Verebnung	Flachform geringer Erstreckung	Me
3	Talboden, Talsohle	Flachform von ansteigenden Flächen begrenzt	Ma, Me
4	Terrasse	Flachform von ansteigenden und abfallenden Flächen begrenzt	Me
5	Platte, Plateau, Hochfläche	Flachform von abfallenden Flächen begrenzt	Ma, Me
6	Mulde, Kessel, Spezialfall Pfanne	Konkavform mit kreisförmigem Grundriss	Me, (Ma)
7	Wanne	Konkavform mit ovalem Grundriss	Me, (Ma)
8	Graben	Konkavform mit langgestrecktem Grundriss, Sonderfall des Unterhanges	Ma, Me
9	Oberhang	konvexe Geländeform, Materialabfuhr überwiegt Materialzufuhr	Ma, Me
10	Unterhang	konkave Geländeform, Materialabfuhr überwiegt Materialzufuhr	Ma, Me
11	Mittelhang	Materialzufuhr und -abfuhr ausgeglichen	Ma, Me
12	Hangversteilung	oberhalb und unterhalb durch Flächen geringerer Neigung begrenzt	Me
13	Hangverflachung	oberhalb und unterhalb durch Flächen höherer Neigung begrenzt	Me
14	Kuppe	Konvexform mit kreisförmigem Grundriss	Me, (Ma)
15	Rücken	Konvexform mit ovalem Grundriss	Me
16	Riedel, Wall	Konvexform mit langgestrecktem Grundriss	Me
17	Hangfuß	Übergang des unteren Hanges in eine ebene Fläche	Me
18	Schwemm-, Schuttfächer	flache Aufschüttungsform	Ma, Me
19	Schwemm-, Schuttkegel	Aufschüttungsform mit stärkerer Wölbung und meist steilen seitlichen Begrenzungsflächen	Ma, Me

2.6 Mikrorelief

Ergänzend zum Makro- und Mesorelief soll das Mikrorelief auf der Probefläche erfasst werden (siehe Tab. 18). Das Mikrorelief hat eine maximale Länge und Breite von je 10 m sowie einen maximalen Höhenunterschied von 3 m.

Tab. 18: Die Mikroreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Bezeichnung
1	Kleinrelief ausgeglichen
2	Rinnen, Gräben, Furchen
3	Buckel, Schichtköpfe
4	Blockflur, Halde
5	unruhig (z.B. Windwürfe)

3 Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung innerhalb des Zauns

3.1 Bestandesklasse

Die Bestandesklasse (siehe Tab. 19) wird **innerhalb** des Zauns angesprochen. Befindet sich innerhalb des Zauns nur Jungwuchs, rund um den Zaun ist allerdings ein Bestand der Klasse Baumholz vorzufinden, wird die Fläche dennoch als Jungwuchs ausgeschieden. Es ist immer der Zustand über bzw. auf der Probefläche anzusprechen. Bestandesklassen ab Stangenholz- bis Altholz werden erst ab einem Deckungsgrad von 30 % ausgeschieden.

Tab. 19: Bestandesklassen - Ansprache innerhalb des Zauns (verändert nach LAND TIROL, 2021b)

Code	Bezeichnung	Beschreibung
0	Blöße	Freiflächen, größere Bestandeslücken ohne Verjüngung
1	Ungesicherte Verjüngung	Überwiegend nicht 3 Jahre angewachsen, ungesicherte Zukunft.
2	Jungwuchs	Gesicherte Verjüngung bis 1,3 m Höhe. Bis zum Einsetzen des Bestandesschlusses
3	Dickung	Ab Bestandesschluss, über 1,3 m Höhe, Holzanfall unter 10 cm BHD
4	Stangenholz	Durchforstungsbestand, Großteil des Holzanfalls von 10 bis 20 cm BHD, begehbarer Standraum
5	Baumholz	Älterer Pflegebestand mit vorwiegend über 20 cm BHD (bis 50 cm), angehend haubar, rote Spiegelrinde (Fi)
6	Altholz	Hiebsreifer Altbestand, Alter nahe oder über der Umtriebszeit, über 50 cm BHD, grobborkige Rinde (Fi)
7	Verlichtetes Altholz	Schwach bestockte Altholzbestände, Überschirmungsgrad $\leq 0,5$
8	Plenterwald	Alle Bestandesklassen kommen auf kleinster Fläche vor

3.2 Überschildung

Auf der Zaunfläche sollen zur Bestimmung der Überschildung, Holzgewächse (Bäume und Sträucher) mit einer Höhe von **mindestens 5 m** herangezogen werden. Es wird die Überschildung **über der Probefläche** angesprochen. Die Angaben erfolgen in 1/10. Zur Gesamtüberschildung (= 100 %) hinzukommend, wird zwischen Stangen-, Baumholz- und Starkholzüberschildung unterschieden.

Die nachfolgende Tab. 20 gibt eine Hilfestellung zur Unterscheidung der Deckungsgrade der Beschirmung.

Tab. 20: Hilfestellung zur Bestimmung des Deckungsgrades (verändert nach LAND TIROL, 2021b)

Deckungsgrad (1/10)	Bezeichnung	Erläuterung
9	gedrängt	Die Kronen greifen tief ineinander
8	geschlossen	Die Kronen berühren sich mit den Zweigspitzen
7 bis 6	locker	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, ohne dass noch eine weitere Krone dazwischen Platz findet.
5 bis 4	licht	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, dass eine weitere Krone dazwischen Platz findet.
3 bis 1	räumdig	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, dass mehrere Kronen dazwischen Platz finden.
0	kahl	Kein Baum steht auf der Fläche

Hinweis: Wenn die Gesamtüberschildung über der Probefläche innerhalb des Zauns bspw. 3/10 beträgt, über der Probefläche außerhalb des Zauns aber 6/10, so ist eine andere Vergleichsfläche zu suchen! Nur ein Unterschied von 2/10 Überschildung wird toleriert. Die Überschildung über der Probefläche außerhalb des Zauns dürfte in diesem Beispiel maximal 1/10 bzw. 5/10 betragen.

3.3 Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m in 1/10

Auf der Probefläche soll der Deckungsgrad in Zehntel-Anteilen für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m angesprochen werden.

Beträgt dieser mindestens 5/10 auf der Zaun- oder Vergleichsfläche, so ist eine Ersatzfläche zu suchen!

3.4 Baumartenanteile im Altbestand

Es werden die Baumartenanteile im Altbestand in Zehntelanteilen in einem Umkreis von 50 m geschätzt. Bäume, die weniger als ein Zehntel erreichen, sind mit 0,1 anzugeben. Bei Freiflächen, ab einer Größe der doppelten Seitenlänge des Zauns, werden die Baumartenanteile in einem Umkreis von 100 m erfasst.

3.5 Tannensamenbäume Anzahl

Die meisten Tannensamen fliegen bis ca. 30 m weit. Die mittlere Verbreitungsdistanz beträgt rund 22 m (KUTTER und GRATZER, 2006). Aus diesem Grund wird die Anzahl der reproduktionsfähigen (!), also fruktifizierfähigen, Tannensamenbäume (BHD > 25 cm) in zwei Klassen erfasst.

Es wird die Anzahl der Tannensamenbäume in der Klasse I bis 30 m Entfernung als auch in der Klasse II 30 bis 50 m Entfernung angegeben. Die Entfernung (Schrägdistanz) wird dabei vom Probeflächenmittelpunkt aus mit einem Entfernungsmesser zum Baum hin gemessen.

3.6 Verjüngungshemmnisse

Bestimmte Bedingungen oder Ereignisse können ein Hemmnis für die Verjüngung darstellen oder diese sogar gänzlich verhindern. Auf der Probefläche werden solche möglichen Verjüngungshemmnisse **pro Baumart** erfasst (siehe Tab. 21).

Tab. 21: Mögliche Verjüngungshemmnisse - Ansprache pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Verjüngungshemmnisse		Beschreibung
1	Lichthaushalt	Dichte Altholzbestände erlauben möglicherweise nicht ausreichende Fruktifikationsmöglichkeiten oder geringe Keimung. Lichtbaumarten sind besonders betroffen, Schattbaumarten haben eine größere Toleranz.
2	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.
3	Humusauflage/Rohboden	Das Keimbett kann sich aufgrund z.B. von Austrocknung/Überhitzung von Moder auf Südhängen; Auflagehumus für Rohbodenkeimer (Lärche, Kiefer); Rohboden für Humuskeimer (bes. Zirbe) ungünstig auf die Keimung auswirken.
4	Bodenerosion/Steinschlag	Die Keimbedingungen können aufgrund von Substratverlust durch Erosion oder Hangrutschungen ungünstig sein.
5	Schnees Schub/Schneedruck	Der Bruch von Stämmchen durch Schneedruck bzw. Entwurzelung durch Schnees Schub (Säbelwuchs ist kein Verjüngungshemmnis) können Verjüngung hemmen.
6	Schneeanhäufung	Die Anhäufung von Schnee (z.B. Akkumulationslagen) kann die Keimung verhindern (kürzere Vegetationszeit), Pathogene können verstärkt auftreten.
7	Frostschäden	Frosttrocknis, Knospen oder Maitrieblnadeln braun verfärbt, trocken und nach unten gekrümmt
8.1	Verkrautung/Vergrasung	Verdämmung und Nährstoffkonkurrenz durch Hochstauden bzw. dichte Grasnarbe bei einer Deckung > 75 % können Keimung und Wachstum verhindern.
8.2	Wurzelfilz	Bei sehr starkem Wurzelfilz ist kaum eine Keimung möglich.
9	Fehlende Samenbäume	Fehlende, fruktifizierfähige Tannensamenbäume in einem Umkreis von 100 m um die Probefläche
10	Schalenwildverbiss	Trieb mehr oder weniger gequetscht, fasrig abgebissen, möglicherweise in der Umgebung der Probefläche auffällig viel Schäden durch Schalenwild zu beobachten.
11	Hasen-/Nagerverbiss	Trieb glatt abgebissen, scharfkantig mit schrägem Bissverlauf (ca. 45°), inkl. Mäuse, Hasen- und Siebenschläfer-Schäle
12	Weideeinfluss	Darunter fallen Schäden durch Vertritt, Schälen oder Bodenverdichtung.
13	Pilze oder Insekten	Tannennadelritzenschorf, Tannennadelrost, Nadelbräune der Tanne, Grauschimmel, Tannenkrebs, Tannentrieblaus, Rüsselkäfer, etc.
14	Anthropogener Einfluss	Rindenverletzungen, Abschneiden von Ästen, Wipfel oder Stämmchen

Bei jedem Verjüngungshemmnis werden zwei verschiedene Bedeutungen unterschieden (siehe Tab. 22).

Tab. 22: Unterscheidung der Bedeutung von Verjüngungshemmnissen - ebenfalls pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Bedeutung
1	gering: wahrscheinlich geringer Einfluss auf Wachstum, Vitalität und Häufigkeit der Verjüngung
2	hoch: wahrscheinlich hoher Einfluss auf Wachstum, Vitalität und Häufigkeit der Verjüngung

3.7 Zusätzliche Maßnahmen?/Kommentar

Beispielsweise: ob zusätzliche Maßnahmen gemacht wurden - wie Beseitigung von Schlagvegetation, Läuterung, Nachbesserung, Ergänzung, Kulturdüngung, Maßnahmen zur Wildschadensverhütung außerhalb des Zauns oder anderweitige Maßnahmen, die bisher nicht bekannt waren.

Hier kann auch angegeben werden, ob eine Fläche, die im System als Naturverjüngungsfläche hinterlegt wurde, trotzdem eine künstliche Verjüngung aufweist. Es sollen auch weitere Auffälligkeiten notiert werden, die durch das Formular nicht abgedeckt werden.

B. Formular zur Aufnahme außerhalb des Zauns

1 Allgemeine Erhebungen außerhalb des Zauns

Um Redundanzen und Wiederholungsaufnahmen auf der Probefläche außerhalb des Zauns zu vermeiden, sollen nicht alle innerhalb des Zauns aufgenommenen Größen nochmals erhoben werden. Die in den folgenden Kapiteln aufgeführten Größen werden aufgenommen.

2 Standortbeschreibung außerhalb des Zauns

2.1 Standortanmerkungen

Hier können wiederum zusätzliche Angaben zum Standort gemacht werden. Falls sich die **Exposition** oder **Hangneigung** im Vergleich zur Probefläche innerhalb des Zauns ändern sollten, werden diese hier notiert.

2.2 Mikrorelief

Das Mikrorelief soll auf der Probefläche erhoben werden (siehe Tab. 23). Es hat eine maximale Länge und Breite von je 10 m sowie einen maximalen Höhenunterschied von 3 m.

Tab. 23: Die Mikroreliefarten im Überblick (RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Bezeichnung
1	Kleinrelief ausgeglichen
2	Rinnen, Gräben, Furchen
3	Buckel, Schichtköpfe
4	Blockflur, Halde
5	unruhig (z.B. Windwürfe)

2.3 Weideintensität

Auf der Probefläche außerhalb des Zauns soll auch die Weideintensität beurteilt werden (siehe Tab. 24). Diese wird in 4 Stufen bemessen. Falls die Intensität nicht eindeutig bestimmbar ist, wird diejenige Stufe gewählt, auf welche die Mehrheit der Merkmale zutrifft.

Tab. 24: Erfassung der Weideintensität, in vier verschiedenen Stufen (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Intensität	Beschreibung
0	Keine	Kein Weideeinfluss ist feststellbar (keine Tritt-, Verbiss- oder Kots Spuren).
1	Gering	Für das Weidevieh frei zugängige Fläche, durch lokale ungünstige Vegetationsverhältnisse (z.B. Zwergstrauchgesellschaften) Äsungsangebot nur gering angenommen. Vereinzelt Kotstellen oder Kuhfladen
2	Mittel	Einige Kotstellen auf der Probefläche und in unmittelbarer Nähe zu finden. Nur geringfügige Trittschäden und Bodenverwundung
3	Stark	Viele Kotstellen und/oder starke Trittschäden auf der gesamten Probefläche und in der Nähe. Deutliche Weidegangeln am Relief. Auf Probefläche und in unmittelbarer Umgebung befinden sich Lagerflächen (Viehläger) bzw. Einstände. Eindeutige Verbissschäden durch Weidevieh (z.B. Verbissschäden auf einer Höhe von mehr als 1,5 m)

3 Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung außerhalb des Zauns

3.1 Bestandesklasse

Die Bestandesklasse (siehe Tab. 25) wird **außerhalb** des Zauns angesprochen. Auch hier gilt: Es ist immer der Zustand über bzw. auf der Probefläche anzusprechen. Bestandesklassen ab Stangenholz- bis Altholz werden erst ab einem Deckungsgrad von 30 % ausgeschieden.

Tab. 25: Bestandesklassen - Ansprache innerhalb des Zauns (verändert nach LAND TIROL, 2021b)

Code	Bezeichnung	Beschreibung
0	Blöße	Freiflächen, größere Bestandeslücken ohne Verjüngung
1	Ungesicherte Verjüngung	Überwiegend nicht 3 Jahre angewachsen, ungesicherte Zukunft
2	Jungwuchs	Gesicherte Verjüngung bis 1,3 m Höhe. Bis zum Einsetzen des Bestandesschlusses
3	Dickung	Ab Bestandesschluss, über 1,3 m Höhe, Holzanfall unter 10 cm BHD
4	Stangenholz	Durchforstungsbestand, Großteil des Holzanfalls von 10 bis 20 cm BHD, begehrter Standraum
5	Baumholz	Älterer Pflegebestand mit vorwiegend über 20 cm BHD (bis 50 cm), angehend haubar, rote Spiegelrinde (Fi)
6	Altholz	Hiebsreifer Altbestand, Alter nahe oder über der Umtriebszeit, über 50 cm BHD, grobborkige Rinde (Fi)
7	Verlichtetes Altholz	Schwach bestockte Altholzbestände, Überschirmungsgrad $\leq 0,5$
8	Plenterwald	Alle Bestandesklassen kommen auf kleinster Fläche vor

3.2 Überschirmung

Auf der Zaunfläche sollen zur Bestimmung der Überschirmung, Holzgewächse (Bäume und Sträucher) mit einer Höhe von **mindestens 5 m** herangezogen werden. Es wird die Überschirmung **über der Probefläche** angesprochen. Die Angaben erfolgen in 1/10. Zur Gesamtüberschirmung (= 100 %) hinzukommend, wird zwischen Stangen-, Baumholz- und Starkholzüberschirmung unterschieden.

Die nachfolgende Tab. 26 gibt dabei eine Hilfestellung zur Unterscheidung der Deckungsgrade der Beschirmung.

Tab. 26: Hilfestellung zur Bestimmung des Deckungsgrades (verändert nach LAND TIROL, 2021b)

Deckungsgrad (1/10)	Bezeichnung	Erläuterung
9	gedrängt	Die Kronen greifen tief ineinander.
8	geschlossen	Die Kronen berühren sich mit den Zweigspitzen.
7 bis 6	locker	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, ohne dass noch eine weitere Krone dazwischen Platz findet.
5 bis 4	licht	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, dass eine weitere Krone dazwischen Platz findet.
3 bis 1	räumdig	Die Kronen haben einen solchen Abstand voneinander, dass mehrere Kronen dazwischen Platz finden.
0	kahl	Kein Baum steht auf der Fläche.

Hinweis: Wenn die Gesamtüberschirmung über der Probefläche innerhalb des Zauns bspw. 3/10 beträgt, über der Probefläche außerhalb des Zauns aber 6/10, so ist eine andere Vergleichsfläche zu suchen! Nur ein Unterschied von 2/10 Überschirmung wird toleriert. Die Überschirmung über der Probefläche außerhalb des Zauns dürfte in diesem Beispiel maximal 1/10 bzw. 5/10 betragen.

3.3 Deckungsgrad für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m in 1/10

Auf der Probefläche soll der Deckungsgrad in Zehntel-Anteilen für Holzgewächse zwischen 1,3 und 5 m angesprochen werden.

Beträgt dieser mindestens 5/10 auf der Zaun- oder Vergleichsfläche, so ist eine Ersatzfläche zu suchen!

3.4 Tannensamenbäume Anzahl

Die meisten Tannensamen fliegen bis ca. 30 m weit. Die mittlere Verbreitungsdistanz beträgt rund 22 m (KUTTER und GRATZER, 2006). Daher wird die Anzahl der reproduktionsfähigen (!), also fruktifizierfähigen, Tannensamenbäume (BHD > 25 cm) in zwei Klassen erfasst.

Es wird die Anzahl der Tannensamenbäume in der **Klasse I** bis 30 m Entfernung oder in der **Klasse II** 30 bis 50 m Entfernung angegeben.

Die Entfernung (Schrägdistanz) wird mit einem Entfernungsmesser ausgehend vom Probeflächenmittelpunkt zum Baum hin gemessen.

3.5 Verjüngungshemmnisse

Bestimmte Bedingungen oder Ereignisse können ein Hemmnis für die Verjüngung darstellen oder diese sogar gänzlich verhindern. Auf der Probefläche werden solche möglichen Verjüngungshemmnisse **pro Baumart** erfasst (siehe Tab. 27).

Tab. 27: Mögliche Verjüngungshemmnisse - Ansprache pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Verjüngungshemmnisse		Beschreibung
1	Lichthaushalt	Dichte Altholzbestände erlauben möglicherweise nicht ausreichende Fruktifikationsmöglichkeiten oder geringe Keimung. Lichtbaumarten sind besonders betroffen, Schattbaumarten haben eine größere Toleranz.
2	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.
3	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.
4	Bodenerosion/Steinschlag	Die Keimbedingungen können aufgrund von Substratverlust durch Erosion oder Hangrutschungen ungünstig sein.
5	Schnees Schub/Schneedruck	Der Bruch von Stämmchen durch Schneedruck bzw. Entwurzelung durch Schnees Schub (Säbelwuchs ist kein Verjüngungshemmnis) können Verjüngung hemmen.
6	Schneeanhäufung	Die Anhäufung von Schnee (z.B. Akkumulationslagen) kann die Keimung verhindern (kürzere Vegetationszeit), Pathogene können verstärkt auftreten.
7	Frostschäden	Frosttrocknis, Knospen oder Maitrieblnadeln braun verfärbt, trocken und nach unten gekrümmt.
8.1	Verkrautung/Vergrasung	Verdämmung und Nährstoffkonkurrenz durch Hochstauden bzw. dichte Grasnarbe bei einer Deckung > 75 % können Keimung und Wachstum verhindern.
8.2	Wurzelfilz	Bei sehr starkem Wurzelfilz ist kaum eine Keimung möglich.
9	Fehlende Samenbäume	Fehlende, fruktifizierfähige Tannensamenbäume in einem Umkreis von 100 m um die Probefläche.
10	Schalenwildverbiss	Trieb mehr oder weniger gequetscht, fasrig abgebissen, möglicherweise in der Umgebung der Probefläche auffällig viel Schäden durch Schalenwild zu beobachten.
11	Hasen-/Nagerverbiss	Trieb glatt abgebissen, scharfkantig mit schrägem Bissverlauf (ca. 45°), inkl. Mäuse, Hasen- und Siebenschläfer-Schäle.
12	Weideeinfluss	Darunter fallen Schäden durch Vertritt, Schälen oder Bodenverdichtung.
13	Pilze oder Insekten	Tannennadelritzenschorf, Tannennadelrost, Nadelbräune der Tanne, Grauschimmel, Tannenkrebs, Tannentrieblaus, Rüsselkäfer, etc.
14	Anthropogener Einfluss	Rindenverletzungen, Abschneiden von Ästen, Wipfel oder Stämmchen.

Bei jedem Verjüngungshemmnis werden zwei verschiedene Bedeutungen unterschieden (siehe Tab. 28).

Tab. 28: Unterscheidung der Bedeutung von Verjüngungshemmnissen - ebenfalls pro Baumart (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Bedeutung
1	gering: wahrscheinlich geringer Einfluss auf Wachstum, Vitalität und Häufigkeit der Verjüngung
2	hoch: wahrscheinlich hoher Einfluss auf Wachstum, Vitalität und Häufigkeit der Verjüngung

3.6 Zusätzliche Maßnahmen/Kommentar

Beispielsweise: ob zusätzliche Maßnahmen **außerhalb des Zauns** gemacht wurden - wie Beseitigung von Schlagvegetation, Läuterung, Nachbesserung, Ergänzung, Kulturdüngung, Maßnahmen zur Wildschadensverhütung außerhalb des Zauns oder anderweitige Maßnahmen, die bisher nicht bekannt waren.

Hier kann auch angegeben werden, ob eine Fläche, die im System als Naturverjüngungsfläche hinterlegt wurde, trotzdem eine künstliche Verjüngung aufweist. Es sollen auch weitere Auffälligkeiten notiert werden, die im Formular nicht genannt sind.

3.7 Lageskizze der Vergleichsfläche

Hier wird eine schematische Darstellung der Zaun- und Vergleichsfläche erstellt. Die Skizze muss Folgendes beinhalten:

- Sperrmaße des Zauns (Schräge Länge und Breite in Meter)
- Lage der Vergleichsfläche (östlich, südlich, westlich oder nördlich der Zaunfläche)
- Nordpfeil und Hangrichtung

Besonderheiten wie bspw. eine Wildfütterung in unmittelbarer Nähe können zudem vermerkt werden.

C. Formulare zur Verjüngung

Grundsätzlich wird die gesamte vorkommende Verjüngung (< 130 cm) aufgenommen, eine detaillierte Aufnahme der Verjüngung erfolgt allerdings nur bei der Tanne.

Aufgenommen wird sowohl die lebende als auch die tote Verjüngung bis zu einer Höhe von 130 cm. Dabei ist die Abschlusshöhe des letzten Jahrestriebes ausschlaggebend.

Hat beispielsweise eine Gehölzpflanze eine derzeitige absolute Höhe von 140 cm, die Höhe des letzten Jahrestriebes liegt allerdings unter 130 cm, wird diese Pflanze erfasst.

Ein Baum fällt dann in die Probefläche, wenn der Wurzelstockfuß oder die Austrittsstelle sich innerhalb der Verjüngungsteilfläche bzw. der Probefläche befinden. Ein schräg gewachsenes Bäumchen, das nur in die Fläche hineinragt, wird nicht mitgezählt.

Die Aufnahme der Verjüngung und der Teilflächen erfolgt innerhalb und außerhalb des Zauns identisch.

1 Aufnahme der Tannenverjüngung

Für eine detaillierte Aufnahme der Tannenverjüngung wird eine Einteilung in mehrere Klassen vorgenommen, die sich in Höhe und aufzunehmender Teilfläche bzw. Merkmale unterscheiden.

Tannenkeimlinge: Lebende Keimlinge werden pro Verjüngungsteilfläche (1-16) gezählt.

Mehrfährige Tannen bis 15 cm: Werden pro Verjüngungsteilfläche (1-16) **getrennt** nach Jahresstufen (einjährig [1], zweijährig [2], mehrjährig [m]) gezählt. Es erfolgt eine Unterscheidung zwischen lebend und tot.

Tannenverjüngung von 15 bis 30 cm: Wird auf allen Verjüngungsteilflächen (1-16) mit den Merkmalen in den nachfolgenden Kapiteln erhoben. Es wird zwischen lebend und tot unterschieden.

Tannenverjüngung von 30 bis 130 cm: Wird auf der gesamten Probekreisfläche (inkl. Teilflächen) mit den Merkmalen in den nachfolgenden Kapiteln erhoben. Es wird zwischen lebend und tot unterschieden.

Zusätzlich wird angegeben, in welchem Segment sich die Pflanze befindet. Eine Unterscheidung, ob eine Tannenverjüngung von 30 – 130 cm sich auf einer Teilfläche oder Segment befindet, ist nicht nötig. Die Angabe der Segmentnummer ist ausreichend.

Folgendes gilt für alle Höhenklassen der Tanne: Wenn die Tanne eine Anzahl von 80 **lebenden** Individuen in einer Höhenklasse erreicht, dann darf das Erheben der Tanne in der entsprechenden Höhenklasse beendet werden. Die jeweilige Teilfläche oder das jeweilige Segment werden dabei aber immer zu Ende gezählt!

Im Formular wird dies entsprechend gekennzeichnet, in welcher Teilfläche bzw. in welchem Segment dies erreicht wurde. Bei Verjüngung von 30 – 130 cm ist eine Unterscheidung zwischen

Teilfläche oder Segment nicht notwendig, es wird nur die Segmentnummer angegeben (beispielsweise **S3**). Für Verjüngung unter 30 cm ist die Teilflächennummer anzugeben (beispielsweise **F3**).

Es ist wichtig, sich an die Nummerierung der einzelnen Verjüngungsteilflächen und Segmentabschnitte zu halten!

Sollte ein Fehler in der Reihenfolge der aufgenommenen Teilflächen bzw. Segmente passieren, so ist die Anzahl der Teilflächen bzw. Segmente wo die Mindestanzahl von **80 Stück** erreicht wurde, bekannt zu geben. Im Formular ist dies aber entsprechend zu kennzeichnen, dass es sich um eine Absolutanzahl handelt und nicht um die Flächennummer!

1.1 Wurzelhalsdurchmesser

Der Wurzelhalsdurchmesser (WHD) [auf ganze **mm** abgerundet] wird an der Bodenaustrittsstelle mit einer Schiebelehre gemessen.

1.2 Baumhöhe

Bei schräg gewachsenen Bäumchen wird die abgelotete Baumlänge [**cm** auf- oder abrunden] gemessen, allerdings nur bis zur Abschlusshöhe des letzten Jahrestriebes. Der Zollstock orientiert sich dabei immer an der Bodenaustrittsstelle des Bäumchens.

1.3 Höhenzuwachs am Terminaltrieb

Gemessen wird der Höhenzuwachs (HZW) des Terminaltriebes [**cm** auf- oder abrunden] der letzten 3 Vorjahre mit einem Zollstock.

1.4 Vitalität

Es werden auch Angaben über die Vitalität einer Tanne gemacht (siehe Tab. 29).

Tab. 29: Die Vitalität wird in drei verschiedene Stufen eingeteilt (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Vitalität	Beschreibung Nadelholz
1 (Sehr gut)	Farbe der Nadeln intensiv grün, gute, dichte Benadelung
2 (Mittel)	Nadeln stellenweise fahlgrün, Nadeln weniger dicht
3 (Schlecht)	Nadelfarbe fahlgrün bis gelblich, Nadeln wenig dicht bzw. schütter

1.5 Schalenwildverbiss

Beim Verbiss wird zwischen Terminaltrieb- und Seitentriebverbiss unterschieden. Beim **Terminaltrieb** (TT) soll festgestellt werden, ob im Aufnahmejahr und in den letzten 3 Vorjahren ein Verbiss stattgefunden hat. Falls dies auch in nur einem Jahr zutrifft, wird das entsprechende Kästchen mit „J“ (Ja) ausgefüllt. Der **Seitentriebverbiss** (ST) wird an den obersten 3 Quirlen beurteilt und in Prozentanteilen angegeben.

1.6 Schadmerkmale mit Schädigungsgrad

Die nachfolgenden Schadmerkmale (siehe Tab. 30) werden stets nur in Bezug auf das **Aufnahmejahr** erhoben (Ausnahme Schalenwildverbiss). Schäden, die sich zeitlich nicht zuordnen lassen, werden ebenfalls mit aufgenommen. Bis zu drei Mehrfachnennungen sind möglich.

Hinweis: Eine genauere Erläuterung einiger Schadmerkmale ist unter Verjüngungshemmnisse zu finden.

Tab. 30: Mögliche Schadmerkmale mit gruppierter Codierung (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Schadmerkmale	
1	unbekannt
2	Konkurrenz durch krautige Vegetation
3	Konkurrenz durch Sträucher
4	interspezifische Konkurrenz der Verjüngung
5	intraspezifische Konkurrenz
11	Trockenheit
12	Frost
13	Hagel, Platzregen
14	Schnee
15	Erosion
21	Pilze
22	Insekten, Milben
23	Schnecken
24	Kleintiere
25	Mäuseverbiss
26	Hasenverbiss
31	Schalenwildverbiss
32	Fegeschaden
33	Schälschäden

Beim Schädigungsgrad wird Bezug auf das jeweilige **Schadmerkmal** und dessen Ausmaß genommen (siehe Tab. 31). Tote Pflanzen werden ebenfalls erhoben und **nur** mit „letal“ klassifiziert. Bei toten Tannen von 15 bis 30 cm und 30 – 130 cm wird nur die Höhe aufgenommen und beim Schädigungsgrad mit „letal“ klassifiziert. Sollte das Schadmerkmal nicht mehr erkennbar sein, so ist dieses als unbekannt einzustufen.

Tab. 31: Der Schädigungsgrad eines Schadmerkmals wird in vier Stufen eingeteilt (RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	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

2 Aufnahme der Verjüngung – exklusive Tanne

Für die Verjüngung anderer Baumarten ist eine detaillierte Aufnahme wie bei der Tanne nicht vorgesehen. Es werden nur folgende Größen erhoben:

- **Höhenklasse:** bezogen auf die Abschlusshöhe des letzten Jahrestriebes
- **Zustand:** lebend oder tot
- **Jeweilige Anzahl**

Die Höhenklassen der Verjüngung (exklusive Tanne) unterteilen sich in 6 verschiedene Kategorien (siehe Tab. 32).

Tab. 32: Einteilung der Höhenklassen – exkl. Tanne

Höhenklassen Verjüngung exkl. Tanne	Höhe
1	Keimlinge
2	Mehrjährige bis 15 cm
3	15 - 30 cm
4	30 - 50 cm
5	50 - 80 cm
6	80 - 130 cm

Die Anzahl der Pflanzen in den jeweiligen Höhenklassen wird mit dem sogenannten Punktierv erfahren (siehe Abb. 52). Die schlussendliche Anzahl wird dann im entsprechenden Feld im Formular nebenan notiert.



Abb. 52: Beispiel des Punktiervfahrens

Keimlinge, Mehrjährige bis 15 cm und 15 bis 30 cm große Pflanzen werden ebenso wie bei der Tanne auf allen Verjüngungsteilflächen 1-16 aufgenommen. Verjüngung über 30 bis 130 cm wird auf den Segmenten 1 bis 4 aufgenommen. Eine Unterscheidung, ob eine Verjüngung von 30 – 130 cm sich auf einer Teilfläche oder Segment befindet, ist nicht nötig. Die Angabe der Segmentnummer ist ausreichend.

Gemessen wird auch hier stets die Abschlusshöhe des letztjährigen Triebes; der heurige Trieb bleibt bei der Messung der Pflanzenhöhe unberücksichtigt. Schräg wachsende Pflanzen werden abgelotet. Das heißt, die schiefe Pflanze ist als aufgerichtet gedacht zu messen.

Folgendes gilt für alle Höhenklassen der Verjüngung exklusive Tanne: Wenn eine Baumart (siehe Anhang) eine Anzahl von 30 **lebenden** Individuen in **einer** Höhenklasse erreicht, dann darf das Zählen dieser Baumart in der entsprechenden Höhenklasse beendet werden. Die jeweilige Teilfläche oder das jeweilige Segment werden dabei aber immer zu Ende gezählt!

Im Formular wird dann im Feld „**30 Stk. (Fläche)**“ die Nummer der Teilfläche oder des Segmentabschnitts angegeben, in der/dem fertig gezählt wurde. Bei Verjüngung von 30 – 130 cm ist eine Unterscheidung zwischen Teilfläche oder Segment nicht notwendig, es wird nur die Segmentnummer angegeben (beispielsweise **S3**). Für Verjüngung unter 30 cm ist die Teilflächennummer anzugeben (beispielsweise **F3**).

Es ist wichtig, sich an die Nummerierung der einzelnen Verjüngungsteilflächen und Segmentabschnitte zu halten!

Sollte ein Fehler in der Reihenfolge der aufgenommenen Teilflächen bzw. Segmente passieren, so ist die Anzahl der Teilflächen bzw. Segmente, wo die Mindestanzahl von **30 Stück** erreicht wurde, bekannt zu geben. Im Formular ist dies aber entsprechend zu kennzeichnen, dass es sich um eine Absolutanzahl handelt und nicht um die Flächennummer!

D. Zusätzliche Erhebungen an den Verjüngungsteilflächen - Formular

Pro Verjüngungsteilfläche (1 x 1 m) werden zusätzlich die im Folgenden erläuterten Größen erhoben.

MHB: Mittlere Höhe der Bodenvegetation in cm pro Teilfläche. Es ist nicht nötig, für jede Bodenbedeckungsart eine einzelne Höhe anzugeben. Es ist vielmehr die gesamte mittlere Höhe der Bodenbedeckungsarten pro Teilfläche einmalig zu vermerken.

Bodenbedeckung: Diese wird senkrecht auf den Boden projiziert und soll insgesamt 100 % ergeben. Es sei denn, Pflanzen wie beispielsweise Jungbäume, Sträucher, Farne oder Gräser überschirmen eine der anderen folgenden Kategorien. In einem solchen Fall sind mehr als 100 % Bodenbedeckung möglich. Tab. 33 gibt Aufschluss über die möglichen Kategorien.

Tab. 33: Mögliche Bodenbedeckungsarten, eingeteilt in elf verschiedene Kategorien (verändert nach RUPRECHT und VACIK, 2009)

Code	Kategorie
1	Jungbäume < 1,3 m Höhe
2	Zwergsträucher, Sträucher < 1,3m Höhe
3	Kräuter, Farne
4	Him- und Brombeere
5	Gräser, Adlerfarn
6	Moose, Flechten
7	Totholz > 10 cm
8	Astmateriale (lebend und tot)
9	Lebendholz
10	Streu, offener Boden
11	Fels, Schutt

Abkürzungsverzeichnis – Aufnahmeanweisung und Formulare

BHD	Brusthöhendurchmesser
Jstufe	Jahresstufe
HZW	Höhenzuwachs am Terminaltrieb
MHB	Mittlere Höhe Bodenvegetation
S1-S4	Segment 1-4
SD	Schrägdistanz
ST	Seitentrieb
TFI	Teilfläche
TT	Terminaltrieb
WHD	Wurzelhalsdurchmesser

Anhang B: Baumartencodes und Formulare

Baumartencode

Es sind alle Baumarten der nachfolgenden Tab. 34 aufzunehmen. Alle Strauchartigen wie bspw. die Hasel oder die Grünerle werden nicht erhoben.

Tab. 34: Aufzunehmende Baumarten im Überblick (verändert nach LAND TIROL, 2021b)

Nr.	Baumart	Kürzel	Nr.	Baumart	Kürzel	Nr.	Baumart	Kürzel
1	Fichte	Fi	54	Bergulme	BUI	78	Weiden	We
2	Tanne	Ta	55	Stieleiche	StEi	79	Vogelkirsche	VKi
3	Lärche	Lä	56	Winterlinde	WLi	80	Traubenkirsche	TrKi
4	Weißkiefer	WKi	57	Sommerlinde	SLi	82	Douglasie	Do
6	Zirbe	Zi	58	Grauerle	GrE	83	Hainbuche	HBu
7	Eibe	Tx	59	Birke	Bi	86	Mannaesche	MaE
8	Spirke	Sp	71	Schwarzerle	SE	87	Hopfenbuche	HoBu
9	Latsche	La	72	Traubeneiche	TrEi	88	Zitterpappel	ZiPa
11	Schwarzkiefer	SKi	73	Vogelbeere	VBe	89	Pappeln (Hybrid)	Pa
51	Buche	Bu	74	Flaumbirke	FIBi			
52	Bergahorn	BAh	75	Mehlbeere	MB			
53	Esche	Es	77	Spitzahorn	SAh			

A	1. Allgemeine Erhebungen - innerhalb des Zauns
----------	---

Waldort		1.1 Probeflächengröße		Datum	
		a) 200 m ²	b) 150 m ² (Ausnahme!)	Erheber	

1.2 Zaun intakt		1.3 Maßnahme zutreffend		1.4 Sperrmaße Zaun - SD [m]	
Ja ☐	Nein ☐	Ja ☐	Nein ☐ :	Länge:	Breite:

2. Standortsbeschreibung - innerhalb des Zauns

2.1 Standortsanmerkungen	2.2 Exposition [g]		2.4 Zeigerpflanzen
	2.3 Hangneigung [%]		

2.5 Makro- und Mesorelief			
Ebene	1	Mittelhang	11
Verebnung	2	Hangversteilung	12
Talboden, Talsohle	3	Hangverflachung	13
Terrasse	4	Kuppe	14
Platte, Plateau, Hochfläche	5	Rücken	15
Mulde, Kessel, Spezialfall Pfanne	6	Riedel, Wall	16
Wanne	7	Hangfuß	17
Graben	8	Schwemm-, Schuttfächer	18
Oberhang	9	Schwemm-, Schuttkegel	19
Unterhang	10		

2.6 Mikrorelief	
Kleinrelief ausgeglichen	1
Rinnen, Gräben, Furchen	2
Buckel, Schichtköpfe	3
Blockflur, Halde	4
unruhig (z.B. Windwürfe)	5

3. Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung - innerhalb des Zauns
--

3.1 Bestandesklasse		3.2 Überschirmung in 1/10		3.4 Baumartenanteile im Altbestand (r = 50 m)
Blöße	0	davon		Art
Ungesicherte Verjüngung	1	Stangenholz (mind. 5 m)		Anteil
Jungwuchs	2	Baumholz (21 - 50 cm BHD)		Art
Dickung	3	Starkholz (größer 50 cm BHD)		Anteil
Stangenholz	4			
Baumholz	5			
Altholz	6			
Verlichtetes Altholz	7			
Plenterwald	8			

3.3 Deckungsgrad Holzgewächse 1,3 - 5 m in 1/10		3.6 Verjüngungshemmnisse		3.6 Verjüngungshemmnisse
		1 Lichthaushalt	8.2 Wurzelfilz	1 geringe Bedeutung ; 2 hohe Bedeutung
		2 Wasserhaushalt	9 Fehlende Samenbäume	Hemmnis (Nr.)
		3 Humusaufgabe/Rohboden	10 Schalenwildverbiss	Baumart
		4 Bodenerosion/Steinschlag	11 Hasen-/Nagerverschiss	Bedeutung
		5 Schneeschub/Schneedruck	12 Weideeinfluss	
		6 Schneeanhäufung	13 Pilze oder Insekten	
		7 Frostschäden	14 Anthropogener Einfluss	
		8.1 Verkräutung/Vergrasung		

3.5 Tannensamenbäume Anzahl BHD > 25 cm	
bis 30 m Entfernung	
30 bis 50 m Entfernung	

3.7 Zusätzliche Maßnahmen?	3.7 Kommentar

B	1. Allgemeine Erhebungen - außerhalb des Zauns
----------	---

Waldort	
----------------	--

2. Standortsbeschreibung - außerhalb des Zauns

2.1 Standortsanmerkungen

2.2 Mikrorelief	
Kleinrelief ausgeglichen	1
Rinnen, Gräben, Furchen	2
Buckel, Schichtköpfe	3
Blockflur, Halde	4
unruhig (z.B. Windwürfe)	5

2.3 Weideintensität	
keine	0
gering	1
mittel	2
stark	3

3. Bestandes- und Verjüngungsbeschreibung - außerhalb des Zauns
--

3.1 Bestandesklasse	
Blöße	0
Ungesicherte Verjüngung	1
Jungwuchs	2
Dickung	3
Stangenholz	4
Baumholz	5
Altholz	6
Verlichtetes Altholz	7
Plenterwald	8

3.5 Tannensamenbäume Anzahl BHD > 25 cm	
bis 30 m Entfernung	
30 bis 50 m Entfernung	

3.2 Überschirmung in 1/10	
davon	
Stangenholz (mind. 5 m)	
Baumholz (21 - 50 cm BHD)	
Starkholz (größer 50 cm BHD)	

3.3 Deckungsgrad Holzgewächse 1,3 - 5 m in 1/10	
--	--

3.4 Verjüngungshemmnisse
1 Lichthaushalt 2 Wasserhaushalt 3 Humusaufgabe/Rohboden 4 Bodenerosion/Steinschlag 5 Schneeschub/Schneedruck 6 Schneeanhäufung 7 Frostschäden 8.1 Verkräutung/Vergrasung 8.2 Wurzelfilz 9 Fehlende Samenbäume 10 Schalenwildverbiss 11 Hasen-/Nagerverschiss 12 Weideeinfluss 13 Pilze oder Insekten 14 Anthropogener Einfluss

3.4 Verjüngungshemmnisse		
1 geringe Bedeutung ; 2 hohe Bedeutung		
Hemmnis (Nr.)	Baumart	Bedeutung

3.6 Zusätzliche Maßnahmen?/Kommentar	3.7 Lageskizze der Vergleichsfläche
	Einzuzeichnen: Sperrmaße des Zauns (Länge und Breite in Schrägdistanz) Lage der Vergleichsfläche (O, S, W oder N) Nordpfeil und Hangrichtung

Erhebungen an den Verjüngungsteilflächen 1-16

Blattnummer:[illegible]

Bodenbedeckungsart	
1	Jungbäume < 1,3 m Höhe
2	Zwergsträucher, Sträucher < 1,3m Höhe
3	Kräuter, Farne
4	Him- und Brombeere
5	Gräser, Adlerfarn
6	Moose, Flechten
7	Totholz > 10 cm
8	Astmaterial (lebend und tot)
9	Lebendholz
10	Streu, offener Boden
11	Fels, Schutt

