

**UNTERSUCHUNG ZUR VERJÜNGUNGSENTWICKLUNG DER
EUROPÄISCHEN LÄRCHE (*LARIX DECIDUA L.*) AN
SCHUTZWALDSTANDORTEN AUF DEM SONNENBERG IM
SÜDTIROLER VINSCHGAU**

Masterarbeit
von
Magdalena Delvai

ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
DIPLOMINGENIEUR^{IN} DER FORSTWISSENSCHAFT (DIPL.-ING^{IN}.)



Betreuer:

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

Eingereicht im
Dezember 2015

Institut für Waldbau
Department für Wald- und Bodenwissenschaften
der Universität für Bodenkultur Wien

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Masterarbeit und während meiner Studienzeit unterstützt und begleitet haben:

In erster Linie gilt mein Dank meinem Betreuer, Ao. Univ. Prof. Dipl.Ing. Dr. Harald Vacik für die aufgebrauchte Zeit und Geduld, die umfassende, ausgezeichnete fachliche Betreuung, sowie die richtungweisenden Anregungen. Weiters den Mitarbeitern des Instituts für Waldbau, welche durch das Bereitstellen der notwendigen Gerätschaften meine Untersuchungen ermöglicht und unterstützt haben. Besonders danken möchte ich auch Dipl.Ing. Herwig Ruprecht für die kompetente Hilfestellung mit der Hemiview-Kamera.

Weiters bedanke ich mich herzlich beim Amt für Forstplanung und besonders bei Dr. Günther Unterthiner, der mir durch das entgegengebrachte Vertrauen und die finanzielle Unterstützung die Erstellung dieser Arbeit wesentlich erleichtert hat.

Für die fachlichen Anregungen, die hilfreichen Ratschläge, sowie für die großzügige Bereitstellung von Kartenmaterial und Erhebungsdaten danke ich Dr. Georg Pircher vom Forstinspektorat Schlanders.

Meine Familie stand mir während meiner gesamten Ausbildungszeit verständnisvoll, und motivierend zur Seite. Dies gilt besonders für meinen Vater Walter und meine Mutter Margareth, welche mir die Begeisterung für den Wald und die Liebe zur Natur vermittelt haben und mir stets Rückhalt und Unterstützung waren. Bei meiner Schwester, die mir während meiner Jahre fern ab der Heimat auch in Wien ein Gefühl von zu Hause gegeben hat, bedanke ich mich auch von ganzem Herzen.

Mit dieser Arbeit geht ein bedeutender Lebensabschnitt für mich zu Ende. Deshalb möchte ich mich nicht zuletzt bei meinen Studienkollegen, besonders bei Julia, Martin und Daniel, für den guten Zusammenhalt, die langjährigen Freundschaften und die lustigen Erlebnisse während aber auch abseits des Studiums bedanken. Unsere gemeinsame Zeit wird mir ewig in Erinnerung bleiben.

In schöner Erinnerung werden mir alle Freunde und Bekannte bleiben, die mich während meines Studiums in Wien und zu Hause in Südtirol begleitet haben und diese Zeit zu einer ganz besonderen gemacht haben. Vielen Dank fürs Anregen, Unterstützen und manchmal auch Ablenken.

Ein letzter und zugleich großer Dank gebührt meinem Freund Stefan, der mir bereits über viele Jahre Rückhalt, Zuversicht und Freude schenkt und der mir nicht nur während des Studiums, sondern weit darüber hinaus Kraft und Warmherzigkeit entgegenbringt.

Kurzfassung

Die Verjüngungssituation in den Lärchenbeständen auf der Sonnenseite des Vinschgaus wird schon seit Jahren kritisch beobachtet. Die Schutzfunktion dominiert im Vinschgau auf 74% der Waldfläche, weshalb eine Überalterung der Bestände durch rechtzeitige Verjüngungseinleitung vermieden werden soll. Dieser Anspruch kann derzeit jedoch durch mangelnde Verjüngung nicht garantiert werden.

Die Besonderheit des untersuchten Waldtyps (montaner Felszwenken-Lärchenwald) sind die ausgesprochen trockenen klimatischen Verhältnisse, sowie die starke landwirtschaftliche Nutzung durch Waldweidebetrieb. Seit Beginn der geregelten Forstwirtschaft steht die Waldweide im Spannungsfeld zwischen Holznutzung und landwirtschaftlicher Nutzung. Im Vinschgau wird die traditionelle Beweidung der Wälder noch großflächig betrieben, weshalb auch sie als mögliche Ursache für das Ausbleiben der Verjüngung in Betracht gezogen werden muss.

Auf Grundlage der Daten aus dem Projekt „Lärchenschutzwald Vinschgau“ des Forstinspektorates Schlanders wurden zur Beurteilung des Weideeinflusses verschiedene Intensitätsstufen ausgeschieden. Zur Einschätzung der Verjüngungssituation sind insgesamt 13 Transekte mit je 40 Satellitenstichproben angelegt worden. Zusätzlich wurden in einem Streifen entlang des Transekts zwischen den Punkten alle vorhandenen Verjüngungskerne gezählt und die Charakteristika des jeweiligen Standortes bestimmt. Dritter Ansatz war die Erhebung von Vergleichsflächen, welche in den Jahren 2006/07 angelegt wurden. Anhand dieser Vergleichsflächen konnte der Einfluss einer Umzäunung und der Einfluss der Bodenverwundung auf die Lärchennaturverjüngung untersucht werden. Außerdem wurden an allen Standorten zur Ermittlung des Strahlungseinflusses hemisphärische Aufnahmen erstellt.

Die vorliegende Arbeit bestätigt die Defizite in der Verjüngung und versucht die Gründe dafür zu erörtern, sowie Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Die ohnehin schon sehr geringe Anzahl an Keimlingen von ca. 8000 pro Hektar, reduziert sich mit steigendem Alter drastisch auf weniger als 100 Bäume pro Hektar mit einer Höhe von über 30cm. Grund dafür sind einerseits die teilweise zu intensive Waldweidenutzung, andererseits aber auch die starke Konkurrenz durch die Bodenvegetation, weshalb extensive Weidenutzung sich durchaus auch positiv auf die Einstellung von Naturverjüngung auswirken kann.

Um die Keimung der Lärchen zu erleichtern, sollen der Boden und die Vegetationsentwicklung in ihren ursprünglichen Zustand überführt werden. Die

Überlegenheit in der Verjüngungsfreudigkeit von Mineralboden und Standorten mit unregelmäßigem Mikrorelief sowie der negative Einfluss von dichter Bodenvegetation, konnten nachgewiesen werden. Periodische Bodenverwundung kann deshalb unterstützend wirken und zielführend sein um natürliche Waldverjüngung einzuleiten. Ebenso kann die Einzäunung von Flächen mit wild- und weidedichtem Zaun das Aufkommen von kleinflächigen Verjüngungskegeln fördern.

Auch die trockenen Verhältnisse auf dem Vinschgauer Sonnenberg tragen zur schwachen Verjüngungsentwicklung bei.

Abstract

The situation of the rejuvenation of the larch stands on the sunny side of the Vinschgau valley in South Tyrol is objected critically since many years. Particularly the protective function of forests dominates in this region on 74% of the forest areas. Therefore the maintenance of stocks is required and the aging should be inhibited by introducing the rejuvenation of the stands. At the moment this claim can't be guaranteed, because of the current lack of rejuvenation and an increasing overhang of mature wood.

The peculiarities of the analysed forest type (*Brachypodium sylvaticum*-larch forest) are the very dry climatic conditions, as well as the strong land use by forest grazing management. Since the beginning of regulated forestry, forest grazing is caught in the debate between timber harvesting and agricultural demands. In the Vinschgau valley the traditional grazing of forests is still operated over a large area, which is why they must be considered as a possible cause for the lack of rejuvenation.

Based on the data from the project "Lärchenschutzwald Vinschgau" of the Forest Inspectorate Schlanders, different intensity levels of grazing impacts were excreted. In each of them have been created at least three transects with 40 satellite sampling plots in order to record the existing rejuvenation. Additionally all existing rejuvenation cores were counted in a stripe along the transect and the characteristics of the respective location were ascertained. Furthermore, some plots were constructed in 2006/07 with the intent to compare areas with and without fences in view of the rejuvenation favour of a site. Also the effect of removing the top soil has been analysed by comparing seven years old plots respective the numbers of seedlings. To determine the radiation influence on each satellite plot and on each comparison plot, hemispheric recordings were made.

The present study confirms the shortcomings in the rejuvenation, tries to discuss the reasons and to propose solutions.

The already very small number of seedlings of about 8000 per hectare reduces with increasing age drastically to less than 100 trees per hectare with a height of over 30cm.

This is partly due to intensive forest grazing, but on the other hand also due to the strong competition from ground vegetation. Therefore an extensive grazing can be a positive impact on the establishment of natural regeneration.

In order to facilitate the germination of the larches, the soil and the vegetation development are to be transferred in their original condition. Rejuvenate

The superiority in rejuvenation ability of mineral soil and of sites which are minimally covered by ground vegetation was detected. Therefore, periodic soil scarification can be supportive and productive.

Also the enclosure of small areas with a game and pasture dense fence can promote the natural regeneration.

Schlagwörter/ bywords: Lärche, Schutzwald, Waldweide, Naturverjüngung, Vinschgau

Larch, protection forest, forest grazing, natural rejuvenation, Vinschgau

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	II
KURZFASSUNG	IV
ABSTRACT	VI
INHALTSVERZEICHNIS	VIII
1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2. FRAGESTELLUNG	3
3. DER VINSCHGAU	6
3.1. LAGE	6
3.2. KLIMA	6
3.2.1. <i>Niederschlag</i>	6
3.2.2. <i>Temperatur</i>	7
3.2.3. <i>Wind</i>	9
3.3. GEOLOGIE	9
3.4. VEGETATION	10
3.5. SIEDLUNGSGESCHICHTE	11
3.5.1. <i>Frühgeschichtliche Siedlungsspuren</i>	11
3.5.2. <i>Nach dem Untergang des Weströmischen Reiches</i>	11
3.6. WALD IM FORSTINSPEKTORAT SCHLANDERS	12
3.6.1. <i>Besitzverhältnisse</i>	13
3.7. WALDWEIDE	14
3.7.1. <i>Definition</i>	14
3.7.2. <i>Historische Bedeutung</i>	15
3.7.3. <i>Negative Auswirkungen der Waldweide</i>	16
3.7.4. <i>Positive Auswirkungen der Waldweide</i>	17
4. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET - VINSCHGAUER SONNENBERG	20
4.1. GEOLOGIE	20
4.2. VEGETATION	20
4.3. MONTANER LÄRCHENWALD: EINE WÄRMELIEBENDE DAUERWALDGESELLSCHAFT	21
4.3.1. <i>Entstehung dieser besonderen Waldgesellschaft</i>	21
4.3.2. <i>Bestandesaufbau</i>	23
4.3.3. <i>Verjüngungssituation, Aufbau und Entwicklung</i>	24
4.3.4. <i>Waldfunktion</i>	24
4.4. PROJEKT „LÄRCHENSCHUTZWALD VINSCHGAU“	25
4.4.1. <i>Hintergrund und Ausarbeitung</i>	25
4.4.2. <i>Ergebnisse des Projekts</i>	26
5. MATERIAL UND METHODEN	27
5.1. FELDAUFNAHMEN	27
5.1.1. <i>Tranekte</i>	27
5.1.2. <i>Erhebung der Verjüngungskerne entlang des Transekts</i>	31
5.1.3. <i>Vergleichsflächen</i>	32
5.1.4. <i>Hemiview -Aufnahmen zur Strahlungsmessung</i>	33
5.2. AUSWERTUNG	37

6. ERGEBNISSE	39
6.1. TRANSEKTE	39
6.1.1. <i>Baumartenverteilung</i>	39
6.1.2. <i>Anzahl</i>	40
6.1.3. <i>Exposition</i>	41
6.1.4. <i>Einfluss des Wasserhaushaltes auf die Naturverjüngung</i>	44
6.1.5. <i>Einfluss der Weidebelastung</i>	45
6.1.6. <i>Einfluss der Strahlung</i>	47
6.2. VERGLEICHSFÄCHEN	49
6.2.1. <i>Einfluss des Zauns</i>	49
6.2.2. <i>Einfluss der Bodenbearbeitung</i>	53
6.2.3. <i>Einfluss der Begrünung des Waldbodens</i>	57
6.2.4. <i>Einfluss der Bodenfeuchte</i>	58
6.2.5. <i>Höhe, Wurzelhalsdurchmesser und Alter</i>	59
6.3. VERJÜNGUNGSKERNE	61
6.3.1. <i>Die Altersklassen der Verjüngung</i>	62
6.3.2. <i>Anteile verschiedener Überschirmungsraten im Waldbestand</i>	62
6.3.3. <i>Einfluss der Überschirmung auf die Anzahl vorkommender Verjüngungskerne</i>	64
6.3.4. <i>Günstige Standorte zur Etablierung von Verjüngung</i>	65
6.3.5. <i>Einfluss der Weideintensität</i>	67
6.3.6. <i>Größe und Höhe der Verjüngungskerne</i>	68
7. DISKUSSION	69
7.1. DISKUSSION DER METHODIK	69
7.2. DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	70
7.2.1. <i>Aktueller Zustand, Art und Ausmaß der Verjüngung am Vinschgauer Sonnenberg</i>	70
7.2.2. <i>Standortsverhältnisse der Lärchenverjüngungsflächen</i>	75
7.2.3. <i>Historische Bewirtschaftungsformen, die zur erfolgreichen Verjüngung geführt haben</i> 85	
7.2.4. <i>Mögliche Maßnahmen zur Unterstützung der Naturverjüngung</i>	86
8. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	88
9. LITERATURVERZEICHNIS	92
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	97
TABELLENVERZEICHNIS	100
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	101
ANHANG	A
AUFNAHMEFORMULAR PROBEFLÄCHEN	A
AUFNAHMEFORMULAR SATELLITENSTICHPROBEN	B
AUFNAHMEFORMULAR VERJÜNGUNGSKERNE	C

1. Einleitung und Problemstellung

Südtirol ist ein sehr waldreiches Land. Knapp über 372.000 ha, das entspricht 50% der Südtiroler Landesfläche, sind bewaldet. Davon sind 336.689 ha Wald im klassischen Sinn und der Rest sind andere bewaldete Gebiete wie z.B. Latschenbestände (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010a). Außerdem:

- liegen 40% der Landesfläche oberhalb von 2000m Meereshöhe.
- unterliegen 90% der Landesfläche der forstlich-hydrogeologischen Nutzungsbeschränkung laut Forstgesetz
- haben 58% der Wälder Standortsschutzcharakter
- sind 24% der Waldfläche Objektschutzwälder
- haben 46% der Waldflächen eine Neigung von über 60%

Diese Zahlen verdeutlichen neben der wirtschaftlichen Wichtigkeit die Bedeutung der Schutzwirkung des Waldes für ein Gebirgsland wie Südtirol. Von herausragendem Gewicht für die Erfüllung der Schutzfunktion ist ein funktionierendes ökologisches Gleichgewicht in Südtirols Waldökosystemen. Die Schutzwaldbewirtschaftung zielt auf Langlebigkeit und Nachhaltigkeit und damit auf die Gewährleistung von Schutzwirksamkeit und Schutzerfüllung ab. Sie fördert die Etablierung von naturnahen Waldgesellschaften zur Verbesserung der Vitalität und Stabilität der Waldbestände.

Soll ein Waldbestand nachhaltig die von ihm erwarteten Leistungen erbringen, ist auch eine intakte Verjüngungssituation unerlässlich.

Gerade im Schutzwald ist es häufig so, dass die Wälder überaltern und nach und nach zusammenbrechen, weil die Verjüngung aufgrund verschiedenster Faktoren ausbleibt. Alarmierend sind beispielsweise die Erkenntnisse, die aus der Österreichischen Waldinventur gezogen wurden. Dort hat sich gezeigt, dass auf rund 50% der Fläche, sowohl des Schutzwaldes im Ertrag als auch außer Ertrag, Verjüngung akut notwendig wäre aber nicht vorhanden ist (SCHODTERER, 2011).

Als pauschale Erklärung für das Ausbleiben der Verjüngung muss häufig das Wild herhalten, allerdings sind es eine Reihe weiterer Einflussfaktoren, die zu einem Absterben der Sämlinge oder zu einer ungenügenden Naturverjüngung führen können. SUTER (2005) merkt an, dass der Einfluss von Verbiss im Vergleich zur Länge der Einwirkung anderer Faktoren von eher kürzerer Dauer ist. Im Hinblick auf das Keimlings- oder Jungwuchsstadium, ist er aber trotzdem von entscheidender Bedeutung, da der Verbiss die Geschwindigkeit des Wachstums hemmt und so äußerst negative Auswirkungen auf die Konkurrenzfähigkeit und das Aufwachsen der Bäume hat.

Nach der Fichte stellt die Lärche in Südtirol den zweitgrößten Anteil am Holzvorrat (19%). Reinbestände der Lärche kommen nur im Ausmaß von 3%, Nadelmischwälder im Ausmaß von 63% vor. Die Lärche ist also vorwiegend in Mischbeständen vertreten. Ein überdurchschnittlich großes zusammenhängendes reines Lärchenareal findet man im Vinschgau (TUMLER, 1992). Im Verhältnis zur restlichen Waldfläche des Landes Südtirol ist der Vinschgau, v.a. die Sonnenseite, überdurchschnittlich stark mit Lärche bestockt (37% des Vorrats) (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015).

Die Europäische Lärche (*Larix decidua*) besitzt ihr größtes zusammenhängendes Verbreitungsgebiet in den Alpen. In den Westalpen kommt sie allerdings nur in zentralalpinen Gebieten vor, während sie in den Ostalpen auch in niederschlagsreichen Gebieten der Randalpen zu finden ist. Kleinere Vorkommen gibt es noch in den Karpaten, den Sudeten und den Weichselniederungen in Polen (AAS, 2012).

Es handelt sich also um ein stark disjunktes Areal. Das hat zur Ausbildung von geografischen Rassen (Alpenlärche *Larix decidua* var. *decidua*, Karpatenlärche var. *carpatica* und Polenlärche var. *polonica*) geführt, welche sich hinsichtlich ihrer ökophysiologischen Merkmale unterscheiden. Bekannt sind die Lichtbedürftigkeit und der Pioniercharakter der Lärche. Sie ist extrem frosthart und in der Jugend rasch wachsend (AAS, 2012).

Das Problem der mangelnden natürlichen Verjüngung der Lärche ist kein Neues. Schon BAVIER (1939), Kantonsforstinspektor in Graubünden, sieht darin eines der wichtigsten Probleme, das uns waldbaulich und wirtschaftlich gestellt ist.

2. Fragestellung

Schon seit längerer Zeit wird die kritische Verjüngungssituation der Lärche auf den Hängen des Vinschger Sonnenberges sorgenvoll beobachtet. Die massiven Verjüngungsdefizite in den Schutzwäldern sind zum akuten Problem geworden.

Es handelt sich um einen montanen Felszwenken-Lärchenwald, der durch die ausgesprochen trockenen Verhältnisse am Vinschgauer Sonnenberg gekennzeichnet ist. In der hochmontanen Stufe des Wuchsbezirkes bildet der Vegetationstyp „montaner Felszwenken-Lärchenwald – L8 die Leitgesellschaft (STAFFLER, H. UND KARRER, G. 2001) und ist nicht zuletzt deshalb besonders erhaltenswert.

Bisher ist allerdings unklar, welche Pflegeeingriffe und Maßnahmen zur Einleitung der Naturverjüngung auf diesen besonderen Standorten gesetzt werden können. In den Jahren 2006 bzw. 2007 konnten bereits erste Erkenntnisse über die Verjüngungssituation gewonnen, die Keimprozentage der Lärchensamen untersucht und Versuchsflächen angelegt werden, die den Effekt der Bodenbearbeitung zeigen sollen.

Die Ursachen für das Ausbleiben der Naturverjüngung der Lärche, sowie der Erfolg von möglichen Steuerungsmaßnahmen sind bislang aber ungeklärt und sollen durch diese Masterarbeit untersucht werden.

Ziel der Arbeit soll es sein, folgende Fragestellungen zu bearbeiten und durch wissenschaftliche Methoden und Vorgangsweisen zu beantworten:

- Um Aussagen über mögliche waldbauliche Behandlungsvarianten treffen zu können, ist es in erster Linie notwendig über den aktuellen Zustand, die Art und das Ausmaß der vorhandenen Naturverjüngung in den montanen Lärchenwäldern Bescheid zu wissen. Konkret stellen sich folgende Fragen:
 - Wie stammzahlreich ist die Naturverjüngung? Wie viel Naturverjüngung kommt vor?
 - Aus welchen Baumarten besteht die Naturverjüngung und zu welchen Anteilen treten sie auf?
 - Wie ist die durchschnittliche Höhe der vorhandenen Naturverjüngung?
 - Gibt es Baumarten, welche nur in jüngeren Stadien des Jungwuchses vorkommen? Kann dies einen Hinweis auf den Wilddruck darstellen?
 - Welche Schäden beeinträchtigen die Naturverjüngung und in welchem Ausmaß beeinflussen sie deren Aufkommen?

-
- Da sich der zu untersuchende Lärchenwaldgürtel in der Vergangenheit offensichtlich in ausreichendem Maß verjüngt hat, gilt es zu erörtern, welche Bedingungen früher zur erfolgreichen Etablierung und zum erfolgreichen Aufwachsen der Lärchen-Naturverjüngung geführt haben könnten. Dieses Problem soll mithilfe folgender Forschungsfragen geklärt werden:
 - Lassen sich historische Bewirtschaftungsformen rekonstruieren, die zur Etablierung eines stabilen Waldbestandes geführt haben?
 - Unter welchen Standortbedingungen sind vorhandene Verjüngungskerne vorzufinden?

 - Die ökologischen Eigenschaften der Lärche lassen vermuten, dass man die Standorte, auf denen die Verjüngungsfreudigkeit höher ist, zusammenfassend charakterisieren kann und dass die Naturverjüngung vorwiegend an ganz bestimmten Stellen anzutreffen ist. Dazu werden verschiedenste Standortfaktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Intensität der Verjüngung untersucht:
 - Spielt die Weideintensität innerhalb des Bestandes eine entscheidende Rolle in Bezug auf die Anzahl der aufkommenden Naturverjüngung? Kommt auf intensiver beweideten Flächen weniger oder sogar mehr Naturverjüngung auf?
 - Hat die Weideintensitätsstufe einen Einfluss auf die Artenverteilung der Naturverjüngung?
 - Trägt die Waldweideintensität zum vermehrten Vorkommen von Verbisschäden bei oder sind die meisten Verbisschäden auf den Wilddruck zurückzuführen?
 - Beeinflusst die Exposition und das damit verbundene Temperatur- und Feuchtigkeitsregime das Aufkommen der Naturverjüngung? Kommen bei gewissen Expositionen vermehrt bestimmte Arten auf?
 - Welche Rolle spielt die direkte und diffuse Sonneneinstrahlung im Bestand? Lassen sich Aussagen in der Verjüngungsfreudigkeit mit Hilfe von Tagesgängen der Strahlung herleiten?
 - Spielt der Wasserhaushalt eine Rolle bei der Entwicklung von Naturverjüngung? Werden feuchtere Standorte bevorzugt besiedelt?
 - Welchen Einfluss hat die Intensität der Bodenbedeckung? Haben unterschiedliche Arten (Gras, Kraut, Moos, Zwergsträucher) einen Einfluss? Oder kommt die Naturverjüngung vermehrt auf nicht von bodenbedeckenden Pflanzen besiedelten Standorten auf?

 - Für die verantwortlichen Bewirtschafter wäre es von Interesse, mit welchen Maßnahmen das Aufkommen von Naturverjüngung gefördert werden kann bzw. ob die Verjüngungsgunst der Standorte verbessert werden kann. Dazu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

-
- Reagiert die Lärche als Rohbodenkeimer auf die Entfernung des Oberbodens und auf die Freilegung des Mineralbodens mit vermehrtem Aufkommen von Verjüngung? Profitieren auch andere Arten von dieser Behandlung?
 - Ist die Einzäunung von Flächen hilfreich um den Anwuchs von Naturverjüngung zu fördern bzw. zu ermöglichen?

3. Der Vinschgau

3.1. Lage

Die vorliegende Arbeit behandelt die Verjüngungsproblematik in den sonnenseitigen Waldbeständen des Vinschgaus. Der Vinschgau ist neben dem Eisacktal, dem unteren Etschtal und dem Pustertal eines der Haupttäler Südtirols, der nördlichsten Provinz Italiens. Beim Vinschgau handelt sich um den obersten Teil des Etschtales. Er erstreckt sich vom Reschenpass auf 1508müNN im Nordwesten bis zur Töll auf 520müNN, einer Talenge nahe Meran im Osten über rund 75km. Dies entspricht einem Höhenunterschied von 988m. Der Fluss, der das Tal durchfließt ist die Etsch. Sie entspringt an der Wasserscheide des Alpenhauptkammes am Reschenpass, verlässt Südtirol bei der Salurner Klause und mündet bei Porto Fossone nach ca. 400km in das adriatische Meer. Das Tal liegt eingebettet in markante Gebirgszüge. Im Norden begrenzen die Öztaler Alpen das Tal, im Westen die Sasvennagruppe und im Süden die Ortlergruppe, mit der höchsten Erhebung Südtirols dem Ortler mit 3902m (STAFFLER, 1993, WIELANDER, 1997, RAMPOLD, 1997).

3.2. Klima

Klimatisch betrachtet, nimmt der Vinschgau eine Sonderstellung in den Ostalpen ein (STAFFLER, 1993). Bereits im Jahr 1951 bezeichnet SCHENK dieses Südtiroler Tal als „die Klimainsel Vinschgau“ und macht damit deutlich, wie außergewöhnlich das Klima hier ist.

„Do isch nit viel zu sogn, holt dass olm a Sauwind geiht und ‘s nia regnen tuat!“

Laut RAMPOLD (1997) bekam Ina Schenk diese Antwort von einem Bauern als sie ihn bat das Klima im Tal zu beschreiben. Und tatsächlich umreißt dieser Satz das Klimageschehen im Vinschgau recht genau.

3.2.1. Niederschlag

Besonders bemerkenswert sind die geringen Niederschlagsmengen. Keine einzige Messstation im Vinschgau verzeichnet Jahresniederschläge von über 800mm. Die Messstationen im Tal messen sogar nur um 500mm oder weniger (STAFFLER, 1993). Somit ergibt sich ein Mittel über das ganze Tal von nur 640mm pro Jahr und es wird klar, warum der Vinschgau als das regenärmste Tal der gesamten Ostalpen gilt (RAMPOLD, 1997). Es ist eindeutig, dass diese äußerst geringen Werte deutlich vom regionalen Klima und den Werten der angrenzenden Gebirgstäler abweichen (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

Die West-Ost-Erstreckung des Haupttales bewirkt, dass die meridionalen Höhenströmungen das Tal nur überströmen. Nordwestliche oder südwestliche Höhenströmungen, welche im inneralpinen Raum normalerweise viel Niederschlag bringen, bilden im Vinschgau eine Föhngasse aus, sodass die südöstlichen oder östlichen Höhenströmungen einen Stauraum für die Luftmassen aufbauen.

Deshalb führen meist nur südöstliche oder östlichen Strömungen zu Niederschlag im Tal, was die Seltenheit von Niederschlagsereignissen erklärt (OTTO, 1974). Weiters verantwortlich für die Niederschlagsarmut sind die hohen Gebirgsketten, die das Tal umgeben. Sie halten feuchte Luftmassen, die vom Atlantik oder dem Mittelmeer Richtung Norden bzw. Osten kommen, auf (STAFFLER, 1993).

3.2.2. Temperatur

Nicht nur die Niederschlagsituation, sondern auch das Temperaturregime im Vinschgau ist außergewöhnlich. Im Vergleich zu anderen Tälern in den Ostalpen ist der Vinschgau wärmebegünstigt. Wein und Äpfel können auf Höhenlagen bis zu 800 bzw. 1000m ertragreich angebaut werden (STAFFLER, 1993). FLIRI (1975) verdeutlicht die Temperaturbegünstigung des Vinschgaus mit Daten aus Vergleichsmessungen. Demnach sind die mittleren Monatstemperaturen von Schlanders und Brixen beinahe identisch, obwohl Brixen um ca. 100 m tiefer liegt (Abbildung 1). Wärmere Temperaturen als in vergleichbaren Höhenlagen lassen sich nur im Haupttal feststellen. Die Nebentäler und auch der oberste Teil des Haupttales, welcher klimatisch gesehen nicht mit dem W-O-gerichteten Abschnitt vergleichbar ist, weisen wesentlich kühleres, raueres und niederschlagsreicheres Klima auf (STAFFLER, 1993). Auffällig sind in diesem Zusammenhang die in Abbildung 1 ersichtlichen gravierenden Unterschiede in den Sommerniederschlägen zwischen Vahrn bei Brixen und Schlanders.

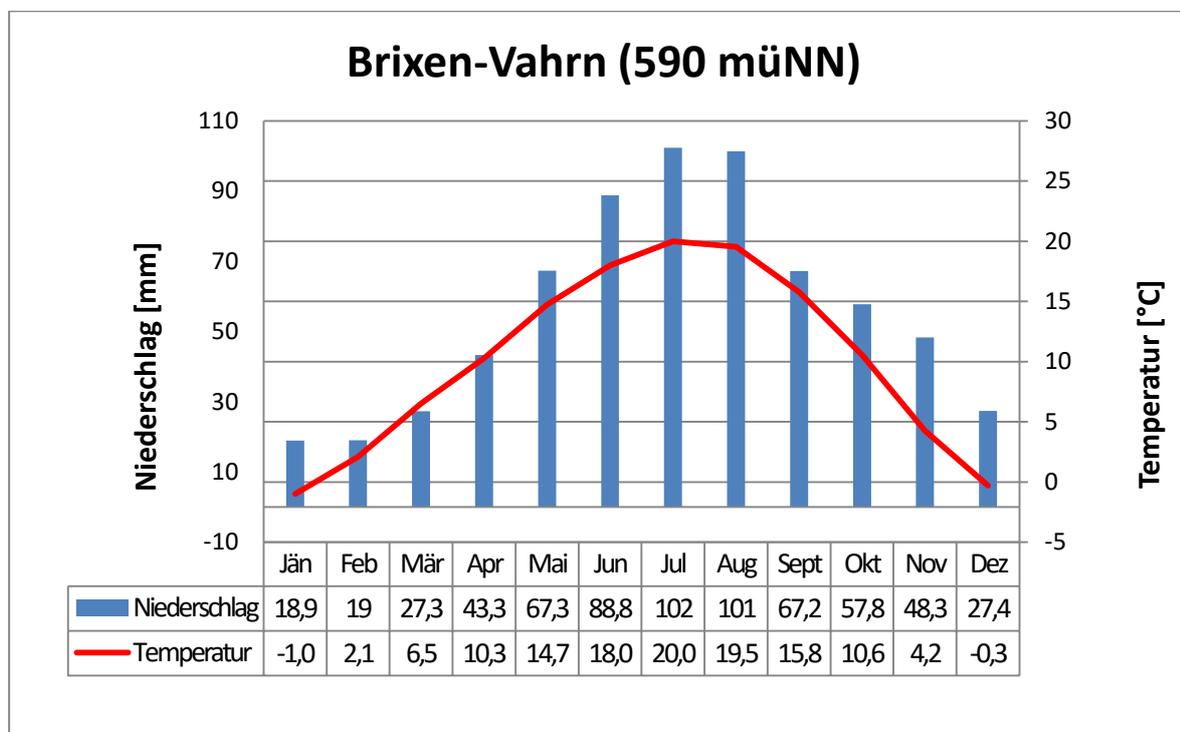
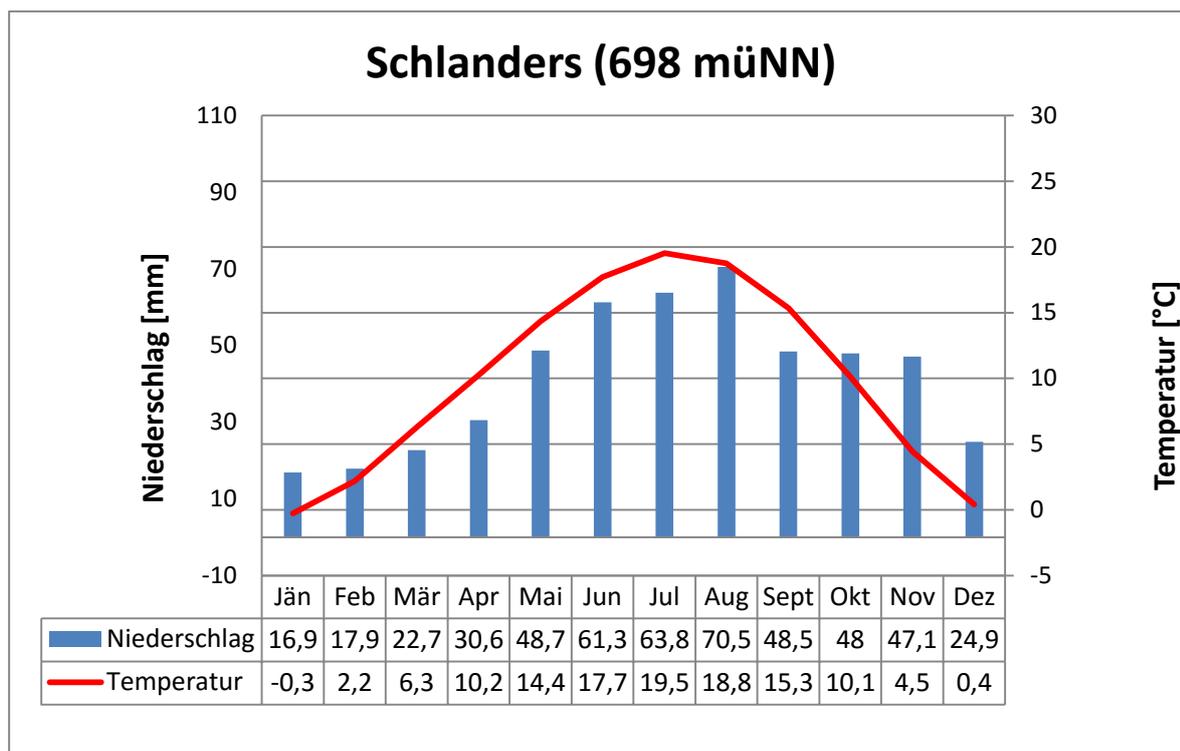


Abbildung 1: Klimadiagramme von Schlanders und Brixen-Vahrn mit mittleren Monatsniederschlägen und mittleren Temperaturen aus den Jahren 1921-2014 Vgl. (HYDROGRAPHISCHES AMT, 2014)

3.2.3. Wind

Eine weitere klimatische Besonderheit im Vinschgau ist der „Vinschger Wind“. Laut SCHENK (1951) weht der starke Wind, der meist aus nördlicher bzw. nordöstlicher Richtung kommt, das ganze Jahr über vergleichsweise stark. Besonders der oberste Talabschnitt vom Reschen bis nach Glurns wird ständig von teils starken Stürmen heimgesucht. Ab dem Talknick unter der Malser Haide verliert der Nordwind stetig an Kraft (RAMPOLD, 1997).

SO- und S-Winde gibt es vorwiegend in den Sommermonaten, im Frühjahr und Herbst treten sie nur schwach auf und im Winter fehlen sie ganz (STAFFLER, 1993).

Feuchte Luft und Niederschläge bringen nur SO- und S-Strömungen also der „Unterwind“, wie er von der einheimischen Bevölkerung genannt wird. Weht der „Oberwind“ also der Wind aus N und NO bleibt die Luft trocken und das Wetter schön (RAMPOLD, 1997).

Der Wind beeinflusst allerdings nicht nur die Niederschlagsereignisse sondern trocknet Wiesen und Waldboden außerdem rasch aus, was die Wuchsbedingungen für die Vegetation natürlich zusätzlich verschärft (STAFFLER, 1993).

3.3. Geologie

Das breite Tal ist ein mächtiges, von der Kraft der eiszeitlichen Gletscher geformtes Trogtal, welches zunächst nach Süden, dann nach Osten und schlussendlich nach Nordosten streicht (WIELANDER, 1997). Gekennzeichnet ist das ganze Tal von breiten und flachen postglazialen Murkegeln, die am Ausgang nahezu jedes Seitentales liegen und von den gewaltigen Erdmassen zeugen, die in der Vergangenheit aus den Tälern geschwemmt wurden (HAMMER, 1922, WIELANDER, 1997). Steile Seitentäler lagerten den Schutt zur Gänze am Talausgang ab, sodass z.B. der große Schuttkegel der Malser Haide entstand. Im Gegensatz dazu schufen größere und weniger steile Seitentäler, wie z.B. das Matschertal, das Planailtal usw. nur kleinere Schuttkegel, da dort das Material in den flacheren Talläufen zurückgehalten wurde (HAMMER, 1922).

Das „einheitliche geologische Schicksal“ des Vinschgaus, wie es STACUL (1967) bezeichnet, ist auf die Lage zurückzuführen. Der Vinschgau befindet sich zur Gänze in den Zentralalpen, also einem Bereich, welcher geologisch gesehen relativ einheitlich ist. Es dominieren vier geologische Einheiten: das Ötztaler Kristallin, die Vinschgauer Schieferzone mit der Laaser Serie, die Marteller Quarzphyllite und der Ortler Trias (siehe auch Abbildung 2) (STACUL, 1966).

Sogar weltweit bekannt sind die reichen und qualitativ hochwertigen Marmorvorkommen des Vinschgaus v.a. in Laas und Göflan, welche hervorragende technische und ästhetische Eigenschaften aufweisen. Diese sogenannte Laaser Serie befindet sich südlich der Etsch und ist abschnittsweise bis zu 100m mächtig. Aber auch nördlich des Haupttales kommen dicke Bänke aus Marmor vor, die durch die Texelgruppe streichen und im Nordosten in den Sterzinger Marmor übergehen.

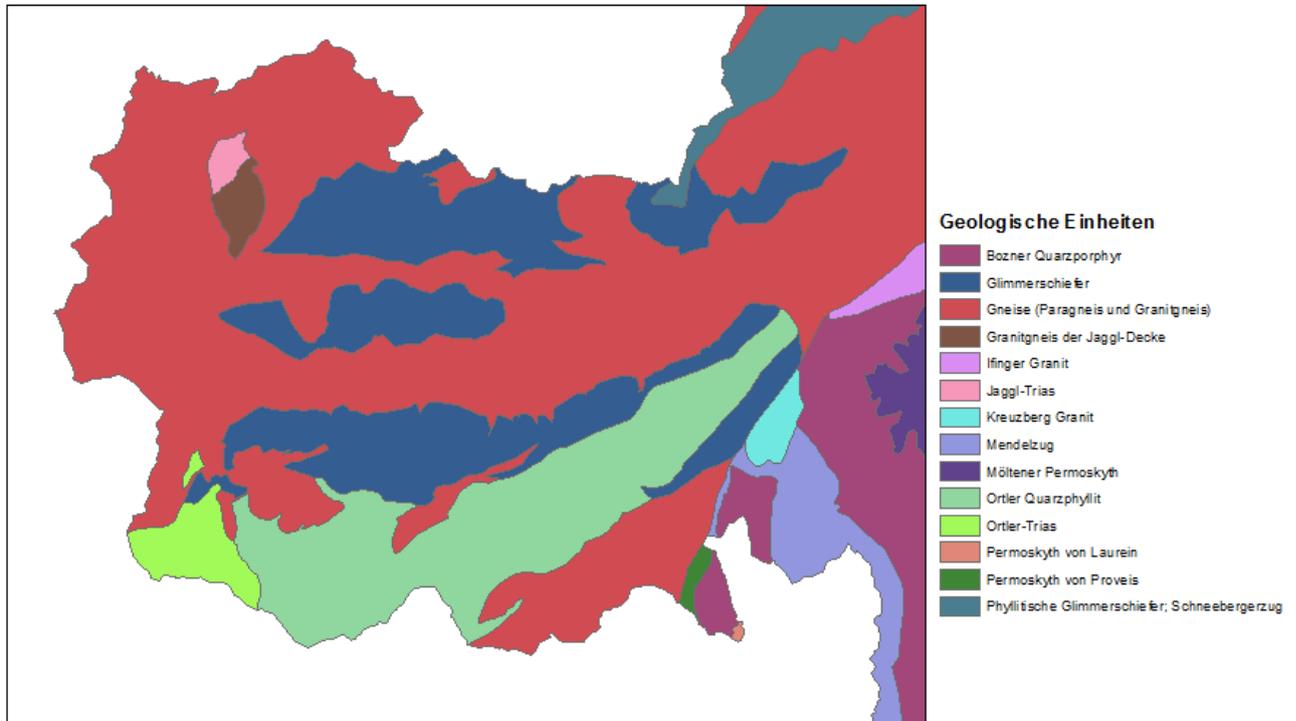


Abbildung 2: Geologische Übersicht über den Vinschgau (verändert nach AUTONOME PROVINZ BOZEN 2015)

3.4. Vegetation

Zwischen Prad und Kastelbell, also in dem Abschnitt, in dem die Etsch von West nach Ost verläuft, teilt sich das Tal in zwei auffallend unterschiedlich zu charakterisierende Flanken: den Nördersberg und den Sonnenberg. Während der Nördersberg von dichten Fichtenwäldern mit Tannenrelikten (MAYER, 1974) bedeckt wird, dominieren am Sonnenberg Strauchvegetation und steppenähnliche Grashänge (WIELANDER, 1997). Ebenfalls charakteristisch für die Sonnenseite sind die großen zusammenhängenden Schwarzföhrenbestände, die sich am Hangfuß des Tales ausdehnen. Sie stocken auf ehemaligen Trockenrasenstandorten und entstanden Großteils aus Aufforstungen der 1950er und 1960er Jahre. Aber auch schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden ca. 115ha mit Schwarzföhren, Lärchen, Eschen und Robinien bepflanzt um die fortschreitende Erosion

am Sonnenberg zu verringern (DEUTSCH, 1959). Mittlerweile sind rund 940ha von Schwarzföhrenforsten bedeckt (STAFFLER, 2009). Weitere Waldtypen des Vinschgauer Sonnenberges sind der Flaumeichenwald (*Festuco valesiacaе-quercetum pubescentis*) der submontanen Höhenlage, der Rotföhrenwald (*Astragalo-pinetum*) und der Lärchenwald (*Brachypodio rupestrislaricetum deciduae*) der montanen Stufe (STAFFLER UND KARRER, 2001).

3.5. Siedlungsgeschichte

Die Entwicklung der Vinschgauer Wälder ist eng mit der Siedlungsgeschichte des Tales verbunden. Sie sind über sehr lange Zeit von menschlichen Einflüssen geprägt und auf verschiedenste Art und Weise genutzt worden, was schließlich zu ihrer heutigen Beschaffenheit geführt hat. Deshalb soll hier kurz näher auf die Geschichte des Tales eingegangen werden.

3.5.1. Frühgeschichtliche Siedlungsspuren

Der Vinschgau wurde schon sehr früh besiedelt. Erste Jäger und Sammler dürften bereits im 9. Jahrtausend v.Chr. in den Vinschgau gekommen sein. Zahlreiche Funde lassen erste Niederlassungen von landwirtschaftlichen Gemeinschaften um die Zeit von 4.500 v.Chr. vermuten (GLEIRSCHER, 1991). Vor allem auf dem Tartscher Bühel bei Mals und am Fuß des Burghügels von Juval belegen Funde wie z.B. Äxte aus der Bronze- und Eisenzeit, verkohlte Sämereien, Schmuck, eine Bronzestatuette aus der Zeit der Etrusker die durchgehende, intensive Besiedelungstätigkeit (RAMPOLD, 1997).

Der Name „Vinschgau“ oder auf Italienisch „Val Venosta“ stammt vom Volk der Venosten, welches vor über 2000 Jahren erstmals auf einem römischen Denkmal erwähnt wurde (WIELANDER, 1997). Von den Römern wurden die Menschen mit etruskischen und keltischen Einflüssen, die in den rauen gebirgigen Gegenden in den Alpen lebten, Räter genannt. Dazu zählten unter anderem auch die Venosten. Der römische Kaiser Augustus sah in den Rättern eine wachsende Gefahr für das römische Imperium und beschloss deshalb dieses Volk zu unterwerfen und das Gebiet dem Reich einzugliedern. Aus der römischen Verwaltung ging v.a. die Entwicklung der bedeutendsten Militärstraße dieser Zeit, der Via Claudia Augusta, hervor (RAMPOLD, 1997).

3.5.2. Nach dem Untergang des Weströmischen Reiches

Das frühe Mittelalter war geprägt von Grenzstreitigkeiten und immer wieder wurde der Vinschgau einem anderen Reich einverleibt. Nach den Goten ging er an die Franken und

wurde um 590 n.Chr. Teil des Bistums Chur, bei dem er bis 1816 also über 1200 Jahre lang blieb. Um das achte Jahrhundert wird der Vinschgau samt Münstertal und Unterengadin in der heutigen Schweiz zur Grafschaft Vinschgau. Die Grafschaft wird im Jahr 1027 zusammen mit der Grafschaft Bozen dem Bischof von Trient verliehen und ist somit ein erster Schritt des Vinschgaus in die Tiroler Geschichte. Denn die Bischöfe ließen ihr Land von Vögten regieren, die daraufhin immer mächtiger wurden und sich erbitterte Kämpfe untereinander lieferten. Als deren Sieger gingen schließlich die Grafen von Tirol hervor (RAMPOLD, 1997).

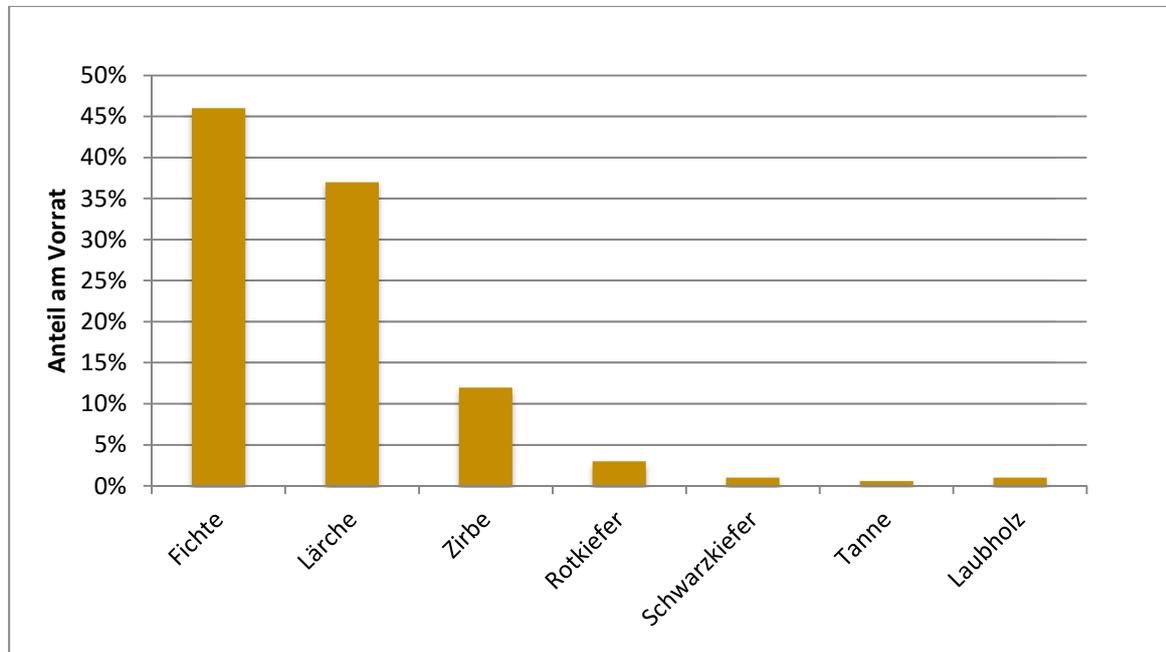
Erst im 13. Jahrhundert setzte die sogenannte Binnenkolonisation ein. Bis dahin war vor allem der obere Vinschgau kaum oder gar nicht besiedelt. So gab es z.B. um 1150 in der Gegend um den Reschen noch keine ganzjährig bewohnten Höfe. Das Gebiet wurde bis dahin nur als Sommerweide genutzt. Im Spätmittelalter entwickelten sich die Schwaighöfe. Das sind Hofstellen die von den Grundherren zur Steigerung der landwirtschaftlichen Kapazitäten im Gebirge gegründet wurden. Die begüterten Familien stellten Vieh zur Verfügung, verlangten dafür aber auch Abgaben der landwirtschaftlichen Erzeugnisse. Es handelte sich um Ziegen- Schaf- oder Rinderschwaigen und so kam es auch zu der starken Beweidung, die den Wäldern im Vinschgau widerfahren ist, womit letztendlich der schütterere Bewuchs einhergegangen ist (LOOSE, 1993, STAFFLER, 1993).

Während früher noch fast die gesamte Bevölkerung in der Land- und Forstwirtschaft tätig war, waren es 1951 nur noch 60,8% und zwanzig Jahre später gar nur mehr 31,8% (RAMPOLD, 1997).

3.6. Wald im Forstinspektorat Schlanders

Der Vinschgau umfasst eine Fläche von 156.900ha. 123.000ha davon zählen zum Forstinspektorat (FI) Schlanders, die übrigen 33.900ha gehören zum Forstinspektorat Meran. Im FI Schlanders liegen 38.900ha Waldflächen. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, dominiert die Fichte mit 46% des Holzvorrates, relativ dicht gefolgt von der Lärche, die hier mit 37% den höchsten Anteil im südtirolweiten Vergleich einnimmt. Die Zirbe (12%) bildet auf beiden Talseiten die Waldgrenze. Das Vorkommen der Schwarzkiefer ist unbedeutend und beläuft sich auf einen Anteil von 1% des Vorrats. Die Schwarzkiefer resultiert aus den Aufforstungswellen des 19. und 20. Jahrhunderts. Das Laubholz spielt derzeit hinsichtlich des Holzvorrates nur eine untergeordnete Rolle, ist ökologisch jedoch von großer Bedeutung. Vor allem die Etablierung von Eichen-Biozellen in den Schwarzkiefernwäldern ist ein wichtiger Beitrag, die einförmigen Bestände durch Baumartenmischung zu stabilisieren.

Außerdem gibt es im Vinschgauer Oberland Auenrestbestände, welche eine wesentliche Rolle für die Erhaltung der ökologischen Vielfalt spielen (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015, STAFFLER, 2009).



**Abbildung 3: Anteil der Baumarten am Holzvorrat in den Wäldern des Forstinspektorates Schlanders
(verändert nach AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015)**

3.6.1. Besitzverhältnisse

Der gesamte Vinschgau, also das gesamte Forstinspektorat Schlanders und Teile des Forstinspektorats Meran umfasst eine Fläche von 156.900ha. Davon sind 78% produktive und 22% unproduktive Flächen. Von der produktiven Fläche sind 39% bewaldet und forstlich genutzt. Auf Grund der speziellen historischen Entwicklung im Vinschgau ist die Besitzstruktur eine Besondere. Im Forstinspektorat Schlanders gibt es bei 38.900ha Wald 591 Waldbesitzer. Vor allem der hohe Anteil, der im Eigentum von öffentlichen Körperschaften wie Gemeinden steht, ist außergewöhnlich, denn sie besitzen rund 83% der Waldfläche. In privater Hand befinden sich lediglich 13%. Der Rest verteilt sich auf Agrargemeinschaften (siehe Abbildung 4). Im übrigen Land Südtirol ist der private Waldbesitz mit rund 69% deutlich dominierend (RAMPOLD, 1997, AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015)

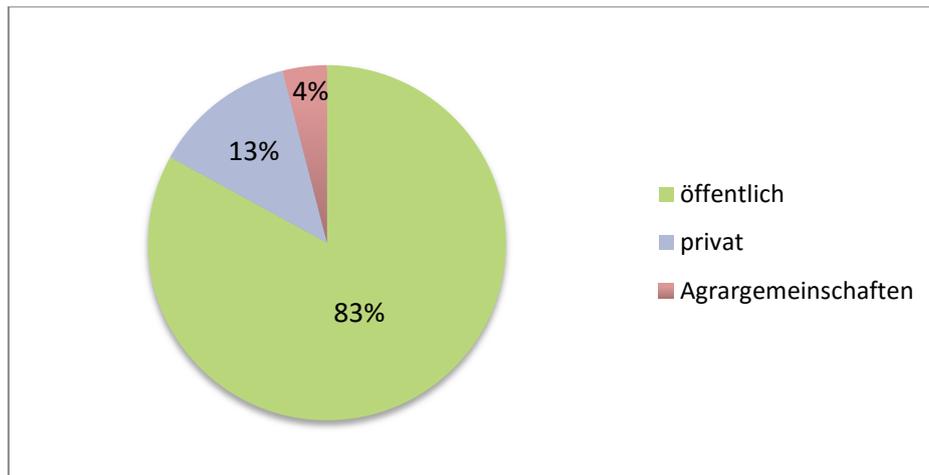


Abbildung 4: Besitzverhältnisse der Wälder im Forstinspektorat Schlanders (verändert nach AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015)

3.7. Waldweide

In Mitteleuropa wird die Waldweide heutzutage hauptsächlich noch in den Alpen praktiziert. Weite Teile sind durch alte Weiderechte belastet. Da die Ausübung dieser Rechte nicht verpflichtend ist, hängt das Ausmaß der Waldweide im besonderen Maß von der allgemeinen Entwicklung der Almwirtschaft ab. Entgegen den Prognosen, die in den 1960er Jahren den raschen Niedergang der Almwirtschaft prophezeit haben, kann man von einer deutlichen Revitalisierung dieser Wirtschaftsform sprechen. Vor allem die nicht unbedeutenden Förderungsmaßnahmen der Europäischen Union konnten diese Entwicklung umkehren (REITBÖCK, 2003).

3.7.1. Definition

Seit Beginn der geregelten Forstwirtschaft steht die Waldweide im Spannungsfeld zwischen Holznutzung und landwirtschaftlicher Nutzung und ist deshalb ein Thema, mit dem sich Agrar- und Forstwissenschaften immer stärker befassen. Auch im Vinschgau wird die traditionelle Waldweide noch großflächig betrieben.



Abbildung 5: Die Beweidung der Wälder bringt einige Probleme mit sich (QUELLE: EIGENES FOTO)

GROSSMANN (1927) versteht unter Waldweide den „Eintrieb von Vieh auf ein mit Wald bestocktes Grundstück zum Zwecke der Aneignung von Futter durch Weiden“ (Abbildung 5).

Es handelt sich um eine Art von menschendominierter und –geprägter Landschaft mit semi-natürlicher Entwicklung, deren Beschaffenheit und Eigenschaften gelenkt werden. Diese Einwirkung geschieht entweder passiv durch Eintreiben von Weidetieren oder aktiv, durch forstliche Eingriffe zur Schaffung lichter Wälder (MOUNTFORD UND PETERKEN, 2003).

3.7.2. Historische Bedeutung

Über Jahrhunderte diente die Waldnutzung dem Zweck der Unterstützung der landwirtschaftlichen Haus- und Hofwirtschaft. Grund dafür war die noch wenig entwickelte und z.T. unergiebigere Landwirtschaft, die auf alle möglichen Erzeugnisse des Waldes angewiesen war. V.a. im Mittelalter stellte die ganzjährige Weidenutzung nicht selten die Hauptfunktion des Waldes für die bäuerliche Bevölkerung dar. Zahlreiche europäische kulturgeschichtlich und naturschutzfachlich bedeutende Landschaften haben ihren Ursprung in historischen Waldweidesystemen. Die historischen anthropogenen Störungen und der Weidedruck fungierten als Schlüsselfaktoren für die Gestaltung der Landschaftsstruktur (LUICK UND SCHULER, 2007, GARBARINO ET AL., 2011).

Aber noch bis zum Zweiten Weltkrieg hat sich die traditionelle Waldweidebewirtschaftung in Kombination mit Holznutzung in weiten Teilen Europas gehalten (MOUNTFORD UND PETERKEN, 2003, MAYER ET AL., 2005).

In den Alpen wurden vor allem Lärchenwälder als Weidewälder bevorzugt, da die Lärche mit ihrer lichten Krone das Wachstum von nährstoffreichen Bodenbedeckern, welche die Futtergrundlage auf Weiden bilden, ermöglicht. Auch wo die Lärche natürlicherweise nicht in großem Ausmaß vorkam, wurde sie durch positive Selektion, also durch Entfernen von Konkurrenzbaumarten oder durch Schutz mittels Einzäunung gefördert. (MOTTA UND LINGUA, 2005, GARBARINO ET AL., 2011).

3.7.3. Negative Auswirkungen der Waldweide

3.7.3.1. Auf Bestand und Verjüngung

Ein Problem in Bergwäldern, welches in Schutzwäldern noch gravierendere Auswirkungen hat, ist häufig die Überalterung der Bestände. Denn damit einher geht zwangsläufig eine geringere Stabilität und Vitalität des Waldes. Wesentlich verschärft wird das Problem auf Schutzwaldstandorten durch die weidebedingt eingeschränkte Verjüngungsfreudigkeit.

In der Regel werden vom Weidevieh Baumsämlinge nicht aktiv selektiert, sondern mit dem Gras, in dem sie verborgen sind, abgeweidet (REITBÖCK, 2003). Bei starkem Besatz stellt auch der aktive Verbiss von Baumtrieben durch Weidevieh einen zu beachtenden Faktor dar. Vorwiegend sind Laubbaumarten aber auch Fichte und Tanne betroffen, bei Futtermangel werden sogar die Knospen von Lärche und Kiefer verbissen (Abbildung 6).

Auch kann Weidevieh eine beträchtliche Nahrungskonkurrenz für Wildwiederkäuer darstellen, wodurch auch Schälschäden als indirekte Folge markant zunehmen können (LOHER, 1985, FÜHRER UND NOPP, 2001).

Weitere negative Auswirkungen der Waldweide auf den Bestand sind Wurzelschäden durch Viehtritt, Stammschäden durch Scheuern und daraus resultierender Rotfäulebefall.



Abbildung 6: Auch gepflanzte und mit Einzelbaumschutz versehene Bäume leiden stark unter den Verbisschäden des Wildes und des Weideviehs und der Stammschädigung durch Fegen (QUELLE: EIGENES FOTO)

Vor allem in der Kampfzone des Waldes, in der die Verjüngungsbedingungen ohnehin schon grenzwertig sind, haben alle diese Faktoren einen massiven Einfluss und können zur Auflösung des Restbestandes führen. Weideaktivität an der Waldgrenze hat in der Vergangenheit regional zur starken Absenkung der Waldgrenze geführt KÖSTLER (1950) (in REITBÖCK, 2003).

3.7.3.2. Auf Boden und Wasserhaushalt

Noch um 1850 hatte eine Kuh ein Lebendgewicht von ca. 250kg, heute wiegt eine Kuh 600-700 kg. Dementsprechend stark sind die Auswirkungen der weidenden Rinder auf den Boden gestiegen. Die Trittbelastung ist teilweise so stark, dass Bodenverdichtung und geringere Wasserspeicherkapazität zum Problem werden (STUBER UND BÜRGI, 2001, ERHARDT UND KOMER, 2013). Die Infiltration wird erschwert und oberflächlicher Abfluss gefördert, was in Kombination mit geringerer organischer Substanz zur Abschwemmung und Bodenerosion, sowie Murgängen führen kann (REITBÖCK, 2003).

3.7.4. Positive Auswirkungen der Waldweide

Galten Waldweiden doch in den vergangenen Jahrzehnten meist eher als zerstörerische Form der Nutzung, werden sie heutzutage zunehmend positiver wahrgenommen. Der schlechte Ruf der Vergangenheit ist hauptsächlich auf die zu hohen Weideintensitäten und auf den hohen Nitratreintrag zurückzuführen (SCHMID, 2003). Viele der oben als negativ

angeführten Aspekte können in anderen Zusammenhängen positive Auswirkungen haben, denn die Bewirtschaftung von alpinen Wäldern zu Weidezwecken, kann durchwegs erwünschte Effekte erzielen.

3.7.4.1. Auf die Biodiversität und die Landwirtschaft

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Beweidung halb offene, locker bestockte, kleinflächig heterogene Waldstrukturen mit stark verzahnten Übergängen schafft. Zahlreiche Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die ökologische Vielfalt in Waldweiden meist höher ist, als in nicht beweideten Wäldern. Dies trifft v.a. auf Pflanzen der Krautschicht zu (EWALD, 2000).

Die stark ausgeprägten Randlinieneffekte bewirken aber auch die Differenzierung zahlreicher ökologischer Nischen, die von unterschiedlichsten Spezialisten der Flora und Fauna besiedelt werden.

Um den Ansprüchen der tiergerechten Landwirtschaft Rechnung zu tragen, ist ein weiterer Vorzug der Weide in Wäldern, dass zum ohnehin geforderten Freilauf der Baumbestand den Tieren einen Rückzugsort und damit einerseits Schatten aber auch Schutz vor der Witterung bietet. Außerdem ist das Nahrungsangebot auf Waldweiden sehr vielfältig und reich an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, welche die Tiergesundheit erhöhen und den Befall mit Endoparasiten einschränken können, sodass das Vieh gesund und widerstandsfähig bleibt (VON KÖNIGSLÖW, 2013).

3.7.4.2. Auf den Bestand, Schutzwirkung und Erholungswert

Auch der oben als negativ bezeichnete Aspekt der Trittschäden könnte positive Auswirkungen haben, und zwar dann, wenn durch die Bodenverwundung günstige Keimbettbedingungen für Rohbodenkeimer, z.B. Lärche, geschaffen werden. Eine in extensiver Form betriebene Waldweide steht entsprechend den Ergebnissen mehrerer Studien (z.B. MAYER ET AL., 2004, SCHLEICHER ET AL., 2007) nicht im Widerspruch zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Gebirgswäldern und der Erhaltung deren Schutzcharakters. Laut MAYER ET AL. (2004) sowie PRIETZEL (2010) ist es jedenfalls möglich eine artgerechte, in ausreichender Menge vorkommende Nahrungsgrundlage für das Weidevieh und den nachhaltigen Schutz vor Naturgefahren zu kombinieren. Allerdings muss dafür präzise darauf geachtet werden, dass der Besatz den jeweiligen Bedingungen, also der Nahrungsverfügbarkeit angepasst ist.

Nicht zuletzt bietet ein strukturiertes und durch Waldweide geprägtes Gebiet ein ansprechendes Landschaftsbild und trägt damit zum hohen Erholungswert und der Eignung der Berggebiete für den ländlichen Tourismus in alpinen Regionen bei (Abbildung 7).



Abbildung 7: Landschaftsprägende Lärchenwälder (QUELLE: EIGENES FOTO)

4. Das Untersuchungsgebiet - Vinschgauer Sonnenberg

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Untersuchung der Verjüngungssituation in den montanen Lärchenwäldern der Sonnenhänge des Vinschgaus. Der Vinschgauer Sonnenberg ist ein klassisches Beispiel inneralpiner Trockenvegetation (SCHENK, 1951, OTTO, 1974, SCHWABE UND KRATOCHWIL, 1994). Er bildet ein eindrucksvolles Landschaftsbild und bietet außerdem eines der interessantesten Forschungsgebiete der Alpen.

4.1. Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt zur Gänze im Ötztaler Gneisgebirge, welches aus dem Ötztalkristallin und der Vinschgauer Schieferzone besteht (STACUL, 1966). Während der orographisch rechte Teil des Oberlandes noch teils durch die Überschiebungslinie auf die Unterengadiner Dolomiten geprägt ist, ist der orographisch linke Teil ab Mals gänzlich der Vinschgauer Schieferzone zuzurechnen. In dieser Zone dominieren Phyllitgneise und Granatphyllite im westlichsten Teil und Phyllit, Para- und Orthogneise sowie Glimmerschiefer und Mylonite.

Außerdem gibt es Marmorschichten, welche einige Millimeter bis maximal zwei Meter mächtig sind. Durch die örtliche Mineralienzusammensetzung und die spezifischen Bodenbildungsprozesse, kann man drei Hauptbodentypen unterscheiden (Pararendzina, verbrauchte Pararendzina und verbrauchter Ranker). Sie sind meist basenreich aber arm an Stickstoff. In höheren Lagen und auf feuchteren Standorten kann sich auch Braunerde entwickeln (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2009).

4.2. Vegetation

Die Trockenheit und der zumeist eher flach- bis mittelgründige Boden am Vinschgauer Sonnenberg bedingen die flächige Ausbildung von Steppenvegetation. Vorwiegend handelt es sich um Varianten des *Festuca vallesiaca* –Trockenrasens, der sich auch auf stark beweideten Hängen, die hier vielfach anzutreffen sind, behaupten kann. Diese Trockenvegetation ist auch noch in Bestandeslücken von Lärchen-Jungkulturen zu finden. Verdichtet sich hingegen die Waldstruktur, so werden diese Steppenpflanzen durch mesophilere *Brachypodium pinnatum*-Bestände verdrängt (FLORINETH, 1974). Die Krautschicht zeichnet sich durch besonderen Artenreichtum aus. Dominierend sind die Gräser Felsen-Zwenke und Erd-Segge bei trockensten Verhältnissen, sowie verschiedenblättriger Schwingel und Finger-Segge auf mesophileren Standorten. Hinzu kommen zahlreiche weitere Arten

(v.a. aus den Familien der Nelkengewächse und der Schmetterlingsblütler) der trockenen Wiesen und Weiderasen (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010a)

Das Vorkommen von Zwergsträuchern ist sehr unterschiedlich, wobei sie auf manchen Standorten zur Gänze ausbleiben. Andernorts ist die Strauchschicht mit Gemeinem Wacholder oder Stink-Wacholder bzw. Sefenstrauch und dem Weidezeiger Berberitze hingegen stark ausgeprägt. Auch mesophilere Arten, wie z.B. die rote Heckenkirsche sind eine gängige Ergänzung in der Strauchschicht (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.3. Montaner Lärchenwald: Eine wärmeliebende Dauerwaldgesellschaft

Vor allem im Herbst dominierten die ausgedehnten Lärchenbestände auf dem Sonnenberg das Landschaftsbild. Die montanen Lärchenwälder des Vinschgaus gehören laut MAYER (1974) zum zentralen Wuchsbezirk 1.1, welcher den trockensten aller Wuchsbezirke in den Ostalpen darstellt. Er ist von kontinentalem Klima geprägt und die inneralpine Trockenheit sowie die extremen Standorte stellen spezielle Anforderungen an die Vegetation. Diese Lärchenwaldgesellschaft ist eine klima- und bewirtschaftungsbedingte Dauerwaldgesellschaft, welche den montanen Fichtenwald auf die Schattenhänge abdrängt. So etabliert sich in der montanen Höhenstufe der extrem artenreiche Waldtyp La8 bzw. WT3Lpp (Felszwenken-Lärchenwald mit Glanzlieschgras/*Brachypodium rupestris* - *Laricetum pleetosum phleoidis*) als Leitgesellschaft. Er entwickelt sich bei Jahresniederschlägen unter 600mm, sowie regelmäßiger Austrocknung und Aufheizung des Standortes beinahe ungestört und konkurrenzlos (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b). Dieser Waldtyp stockt vorwiegend auf mittleren und steilen Hängen. Je niedriger die Höhenlage, desto stärker weicht er auf SO- und SW- exponierte Standorte zurück. Südhänge und steile Rückenstandorte werden dann vorwiegend vom Waldtyp Ki8 (Vinschgauer Tragant-Lärchen-Kiefernwald, *Astragalo-Pinetum laricetosum decidue*) besiedelt (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010a). In der collinen und submontanen Stufe, d.h. unter 1200m Seehöhe, bildet zunehmend die Flaumeiche die Unterschicht und prägt gemeinsam mit der Lärche einheitliche Mischbestände. Oberhalb des montanen Lärchenwaldgürtels ab einer Höhe von 1800-2000m schließt der subalpine Fichtenwald an (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.3.1. Entstehung dieser besonderen Waldgesellschaft

Auf Grund der besonderen klimatischen Verhältnisse, die sich im Wald in Form von Bodenaustrocknung und starker Wärmeentwicklung manifestieren, kann sich die Lichtbaumart Lärche gut etablieren. In der Vergangenheit kam es häufig zu Störungen z.B.

Waldbrände, Windwurf aber auch Kahlschläge, die es der Lärche als Rohbodenpionier erlaubten, rasch größere Gebiete zu besiedeln (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b). Über den genauen Zeitpunkt der Entstehung von lärchendominierten, landwirtschaftlich geprägten Schlusswäldern herrscht weitgehend Ungewissheit (PUTZ, 1948). Klar ist, dass man früher v.a. die Gebiete oberhalb der Waldgrenze genutzt hat, diese dann aber durch Absenken der Waldgrenze vergrößert wurden (WOPFNER, 1951). Von REISIG (1987) wurde beschrieben, dass erste Brandrodungshorizonte aus dem Neolithikum entdeckt wurden und dass in der Bronzezeit wiederkehrender Einsatz von Brandrodung dokumentiert ist. In Gebieten in denen die potentiell natürliche Waldgesellschaft auch Lärchen beinhaltet, wird die Wiederbewaldung durch eine lärchenreiche Initialphase eingeleitet (MAYER, 1984b). Die Durchsetzungskraft der Lärche ist v.a. dann besonders stark, wenn konkurrierende Schatt- oder Halbschattbaumarten vorübergehend oder dauerhaft durch mechanische Belastungen z.B. Viehtritt oder aber auch aufgrund der Trockenheit ausfallen. Ihre dicke Borke macht diese Baumart auch gegen Feuer und Trittschäden relativ widerstandsfähig. Gegenüber Trockenheit ist die Lärche nicht zuletzt aufgrund ihres tiefreichenden Wurzelsystems im Vorteil. Lärchendominierte, halboffene Wiesenlandschaften scheinen also das Ergebnis frühester landwirtschaftlicher Nutzung in den Alpen gewesen zu sein (NORZ, 2014).

Der Felszwenken-Lärchenwald im Vinschgau ist in ganz besonders ausgeprägter Weise anthropogen beeinflusst. Der gesamte Vinschgauer Sonnenberg und die Sonnenseiten der Seitentäler sind seit Jahrtausenden nachweislich stark durch Land- und Weidenutzung geprägt. Dadurch wurden Waldflächen einerseits zurückgedrängt, andererseits die Lärche v.a. gegenüber der Fichte gefördert. Da die Lärche nicht so gerne von Wild und Weidevieh verbissen wird, bewirkten auch hohe Wildbestände in Kombination mit der Beweidung eine Verschiebung der Baumartenanteile zugunsten der Lärche.

Aus diesen Gründen hielten sich die Lärchenwälder auch in feuchteren Perioden, in denen eigentlich die Fichte die Dominanz übernehmen hätte müssen. Auch deshalb konnten sich großflächige Lärchenwälder ausbreiten, ohne der Fichte oder gar der Tanne eine Möglichkeit zur Etablierung zu geben.

Weit verbreitet war auch die Aufforstung der Lärche nach Kahlschlägen in der montanen Höhenstufe, so dass es zur Entwicklung von sekundären Lärchenwäldern kam.

Trotz der Tatsache, dass der Waldtyp La8 ein in besonders starkem Maße vom Menschen geprägter Waldtyp ist, geht man davon aus, dass sich aufgrund der herrschenden Klimabedingungen auch beim Ausbleiben der anthropogenen Einflüsse höchstwahrscheinlich keine flächigen Fichtenwälder einstellen würden (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.3.2. Bestandaufbau

Vorwiegende Nutzungsform der Wälder auf dem Vinschgauer Sonnenberg war seit Jahrhunderten die Weidebewirtschaftung und in untergeordnetem Maße auch die Holz- und Streugewinnung. Aus dieser besonderen Art der Bewirtschaftung und verstärkt durch Waldbrände und Aufforstungen nach Kahlschlägen resultieren die charakteristischen Lärchenreinbestände (siehe Abbildung 8) (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010a).



Abbildung 8: Typischer, locker bestockter, stark beweideter Lärchenaltbestand mit tiefstigen, stark abholzigen Individuen (QUELLE: EIGENES FOTO)

Es handelt sich um einschichtige oder stufige Bestände, mit locker/lichtem Kronenschlussgrad, welche weidebedingt meist aus breitkronigen Einzelindividuen bestehen. Auf südexponierten Lagen wird eine mäßige, auf west- bis ostexponierten Flächen eine relativ gute Wüchsigkeit mit einem durchschnittlichen DGZ150 von 5 (3-7)Vfm erreicht. Der stockende Holzvorrat beträgt zwischen 310 und 360Vfm/ha. Die Lärche erreicht eine Oberhöhe von 21m je nach Standort ± 5 m. Die Wälder erlauben Umtriebszeiten von 120 – 230 Jahren und sollten auf Zieldurchmesser von < 50 cm ausgerichtet sein. Wertmindernde Eigenschaften wie Wipfelbrüche, Zwiesel, Rindenschälung und Grobastigkeit sind häufig vorzufinden (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010a). Je nach standörtlichen und menschlichen Einflüssen variiert der Aufbau der Bestände sehr stark. Während steile Lagen häufig stufig mit einzelnen Individuen oder Kleinkollektiven bestockt sind, können sich auf weniger steilen Standorten eher locker angeordnete einförmige und breitkronige Einzelbäume durchsetzen (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.3.3. Verjüngungssituation, Aufbau und Entwicklung

Der Vinschgauer Sonnenberg ist durch extreme Verjüngungsarmut charakterisiert. Aufgrund der starken Vergrasung und der z.T. stark betriebenen Beweidung fehlen Naturverjüngung und Jungwuchs in diesem Waldtyp fast vollständig. Vor allem in Rinnen tritt durch Schneeverfrachtung verstärkt Schneekriechen und –gleiten auf, wodurch es zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Verjüngung bis hin zum Absterben kommen kann. Durch dieses Phänomen entstehen häufig offene und stark vergraste Flächen. Die Kombination aus Verbisschäden durch Wild und Weidevieh, Vergrasung, Schneebewegungen und Trockenheit sowie, die ausgesprochen lockere Struktur bedingen die Verjüngungsproblematik.

Die Entwicklung der Lärchenwälder wird stark durch den Einfluss des Menschen und das Auftreten von Störungen beeinflusst. Erhalten bleiben kann diese Dauerwaldgesellschaft nur, wenn, Steinschlag, Erosion, Waldweide, Waldbrand und Nutzungseingriffe als Störungen wirken oder den Schlussbaumarten wie Fichte und Tanne anderweitige Grenzen, z.B. Trockenheit gesetzt sind. Optimal für die Etablierung von Baumverjüngung v.a. von Lärchen sind erhöhte Stellen (z.B. Totholz) mit geringstmöglicher Konkurrenz durch die Vegetation mit teilweise freigelegtem Mineralboden.

Man bezeichnet die Lärchenwälder auch als Paraklimax, also als eine in ihrer Zusammensetzung scheinbar endgültige Gesellschaft. Bei Ausbleiben der oben genannten Störungen würde sich die Fichte im Schirm des Lärchen-Altholzes entwickeln und die Lärche schließlich verdrängen und fichtenreiche Schlusswälder bilden. Man kann also behaupten, dass die forstliche und agrarische Nutzung in Form von Waldweide der natürlichen Dynamik entgegenwirken (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.3.4. Waldfunktion

Der Großteil der Lärchenwälder stockt auf sehr steilen Lagen, in denen v.a. die Gefahr von Steinschlag, Schneeschub und Erosion nicht zu vernachlässigen sind. Laut Schutzwaldhinweiskarte sind 65% der Lärchenbestände im Vinschgau dem Objektschutzwald zuzuordnen, sie haben also vorrangig Schutzfunktionen zu erfüllen und die forstliche Nutzung tritt eher in den Hintergrund (BROLL UND PIRCHER, 2013). Auch Standortsschutzfunktionen des Waldes dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Deshalb ist es außerordentlich wichtig die Stabilität zu erhalten oder wiederherzustellen.

Im Vorbeugen von Lawinenabgängen können ausgedehnte Lärchenreinbestände problematisch sein, da winterkahle Baumarten generell aufgrund der geringeren

Interzeption und der rutschigen Streuauflage Lawinenanrisse begünstigen. An lawinengefährlichen Stellen wird deshalb ein Anteil von immergrünen Arten von ca. 50% angestrebt (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

Allerdings trägt die Lärche durch ihr tiefreichendes Wurzelsystem zur guten Stabilisierung von Hängen und zur Ableitung von Wasser in tiefere Bodenschichten bei, was die Entstehung von Erosion einschränkt (SCHENK, 1951).

Derzeit werden die Anforderungen an Stabilität zum Schutz vor Naturgefahren in besonderem Maße vor Schneeschub, Lawinen, Hangrutschungen und Steinschlag allerdings nur unzulänglich erfüllt (BROLL UND PIRCHER, 2013).

In weniger extremen Lagen erfüllen die Lärchenwälder hauptsächlich Nutzfunktionen. Die Schutzfunktionen verlieren an Bedeutung, sind aber immer noch eine wichtige Funktion des Waldes. Vorrangiger Nutzen ist aber so wie in den vergangenen Jahrhunderten die Weide- und Holznutzung (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

4.4. Projekt „Lärchenschutzwald Vinschgau“

Mit dem Projekt „Lärchenschutzwald Vinschgau“ wurde eine Grundlage für die effiziente, nachhaltige und v.a. die Schutzfunktion erhaltende Bewirtschaftung für den landschaftsprägenden Waldtyp im Vinschgau erarbeitet. Erstes Ziel war es, objektive Datengrundlagen zu entwickeln und damit den Ist-Zustand der Bestände z.B. in Hinblick auf ihre Schutzwirkung und das Vorhandensein von technischen Verbauungsmaßnahmen zu erfassen. Weiters sollten das voraussichtliche Arbeitsvolumen, sowie die Finanzierungsplanung und eine Prioritätenreihung von in Zukunft unerlässlicher Arbeiten ermöglicht werden. Und nicht zuletzt sollte dieses Projekt auch ein öffentlichkeitswirksames und einsehbares Konzept für Waldbesitzer, Behörden, Gemeinden, Viehbauern usw. sein (BROLL UND PIRCHER, 2013).

4.4.1. Hintergrund und Ausarbeitung

Das Projekt wurde im Jahr 2012 vom Forstinspektorat Schlanders der autonomen Provinz Bozen vollständig abgewickelt. Erster Output war eine Karte aller Lärchenreinbestände des Forstbezirkes. Dabei flossen alle Wälder, deren Lärchenanteil über 90% liegt, in die Aufnahme ein. Daraus wurden nach Geländebegehungen hinsichtlich des Alters bzw. der Entwicklungsphase und des Überschirmungsgrades homogene Bestände ausgeschieden, und anschließend mit den Angaben aus internen Datenbanken wie z.B. der Waldtypisierung Südtirol verglichen und überprüft. Neben den geländebeschreibenden Daten wie Seehöhe,

Hangneigung usw. und den ehemaligen und derzeitigen wald- und weidewirtschaftlichen Behandlungsvarianten, wurde ein waldbaulicher Maßnahmenplan (z.B. Aufforstungen) erarbeitet. Außerdem enthält die Arbeit auch eine Erfassung aller vorhandenen technischen Schutzbauwerke, sowie einen technischen Maßnahmenplan für die nächsten zehn Jahre (BROLL UND PIRCHER, 2013).

4.4.2. Ergebnisse des Projekts

Insgesamt wurden 450 homogene Bestandeseinheiten mit einer Gesamtfläche von 7.190ha ausgeschieden. Das betrifft beachtliche 18% der gesamten Waldfläche des Forstinspektorates Schlanders und unterstreicht die große Bedeutung der Baumart Lärche. Besonders auffällig ist, dass über ein Drittel (36,8%) der Wälder älter als 200 Jahre ist und in Bezug auf Strukturierung, Stammzahl und Überschirmung labil erscheint. Vor allem ist die Entwicklung hinsichtlich der Schutzwirkung kritisch, denn insgesamt 65% der erhobenen Waldfläche schützt direkt menschliche Siedlungen bzw. Infrastruktur und ist damit als Objektschutzwald zu klassifizieren (BROLL UND PIRCHER, 2013)

5. Material und Methoden

5.1. Feldaufnahmen

5.1.1. Transekte

Transekte sind eine Art der Stichprobenerhebung, bei der es sich um bandförmige Probeflächen handelt, welche meist entlang eines Umweltgradienten angelegt werden. Transekte werden häufig für die Erforschung von Zusammenhängen wie beispielsweise der Entwicklung der Naturverjüngung in Abhängigkeit von Strahlungsverhältnissen und Temperaturverläufen verwendet (MEYER, 2001).

5.1.1.1. Vorbereitung der Außenaufnahmen

Bei Verjüngungsaufnahmen sind häufig sehr große Grundgesamtheiten zu erwarten, deshalb scheidet Vollaufnahmen aus zeitlichen, ökonomischen und technischen Gründen meist von Beginn an aus und werden durch repräsentative Stichproben ersetzt (AMMER ET AL., 2004). Da die Durchführung einer Vollaufnahme auch am Sonnenberg aufgrund der Flächengröße auszuschließen ist, fiel die Entscheidung auf ein Stichprobenverfahren. Für die zu bearbeitenden Fragestellungen bot sich die stratifizierte Auswahl an. Die Stratifizierung ist eine Einschränkung der Zufallsauswahl bei Stichproben. Die Stratengrenzen werden dabei willkürlich gezogen (ZÖHRER, 1980). Straten sind in sich relativ homogene Bereiche, wie z.B. bestimmte Bestandestypen, das heißt, dass die Streuung von Bestandesmerkmalen innerhalb eines Stratums geringer ist, als wenn man den Gesamtbestand vergleichen würde (MEYER, 2001, AMMER ET AL., 2004). Das bedeutet, dass alle Stichprobeneinheiten innerhalb eines Stratums und nicht stratenübergreifend erhoben werden. Die Bildung von Straten hat den Vorteil, dass berechnete Mittelwerte mit geringeren Fehlern behaftet sind. Dieses Auswahlverfahren ist folglich die effizienteste Erhebungsmethode, trotzdem erfordert sie genaue Vorinformationen, deren Einholung im Zeitplan mitkalkuliert werden muss (ZÖHRER, 1980, AMMER ET AL., 2004).

5.1.1.2. Die Bildung von Straten – die Weideintensität

Sowohl für die Aufnahme als auch für die Auswertung der Daten erschien die Definition unterschiedlicher Weideintensitätsstufen (WIS) als Straten sinnvoll. Dafür wurde hauptsächlich die Bestandskarte des Projektes „Lärchenschutzwald Vinschgau“ herangezogen. Diese Karte lag als Shapefile für ArcGis 10.2 vor und zeigte alle einzelnen einheitlichen Bestandeseinheiten, welche vom Forstpersonal im Rahmen des

Lärchenschutzwald-Projektes ausgeschieden wurden. Als weitere Grundlage wurde vom Forstinspektorat Schlanders eine Tabelle mit detaillierten Informationen zu jedem Bestand zur Verfügung gestellt. Darin enthalten waren standörtliche Charakteristika wie Hangneigung und Exposition, sowie die Bestandesparameter Altersklasse und Überschirmung. Wo vorhanden, wurde auch versucht die Weidebelastung auf jeder einzelnen Fläche zu präzisieren. So ist z.B. auf vielen Flächen bekannt mit welcher Stückzahl und welchen Tierarten bestoßen wird. Außerdem wurde häufig sogar der Zeitraum der Beweidung genau eingegrenzt. Aber nicht immer war die Aussage über die Weideintensität so genau dokumentiert, sondern mit ungenaueren Aussagen wie „Durchzugsweide“, „schwache Weidebelastung“, „starke Beweidung“, „unterer Teil selten“ usw. beschrieben.

Da häufig nicht nur Rinder sondern auch Schafe und Ziegen aufgetrieben werden, wurde versucht in Vorbereitung auf diese Arbeit die Bestoßung in das einheitlichere Maß der Großvieheinheit (GVE) umzuwandeln. Dazu wurde angenommen, dass das durchschnittlich aufgetriebene Rind zwischen 6 Monaten und zwei Jahren alt ist und deshalb der Umrechnungskoeffizient 0,6 ($1 \text{ GVE} \triangleq 1,7 \text{ Rindern}$) herangezogen werden muss. Für Schafe und Ziegen gilt der Umrechnungskoeffizient 0,15 (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2013). Aus der Verbindung von GVE-Anzahl und Bestoßungszeitraum lassen sich die Flächen in vier verschiedene Weideintensitätsstufen einteilen: WIS 0 (keine Waldweide), WIS 1, (schwache Beweidung), WIS 2 (mittlere Beweidung) und WIS 3 (starke Beweidung). Die Verknüpfung der Tabelle mit der Kartengrundlage im ArcGis 10.2 ermöglichte die graphische Darstellung der unterschiedlichen Weideintensitäten am Vinschgauer Sonnenberg. Anschließend konnten die geplanten Erhebungspunkte eingezeichnet und auf das GPS-Empfängergerät vom Typ Garmin Oregon 550t überspielt werden, um deren Auffinden im Gelände zu erleichtern. Damit eine ausreichende Anzahl von Daten zur Verfügung steht und eine statistische Aussagekraft der Ergebnisse gewährleistet ist, wurden 13 Transekte für die Erhebung verglichen. Die Einteilung erfolgte nach den Weideintensitätsstufen. In WIS 0, 2 und 3 wurden jeweils drei Transekte und in der WIS 1 vier Transekte gelegt.

5.1.1.3. Die Erhebung der Transekte

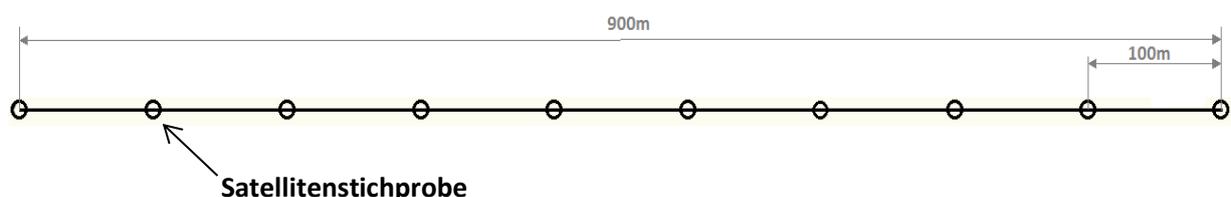


Abbildung 9: Skizze eines Transekts mit Anordnung der Satellitenstichproben im Abstand von 100m

Wie in Abbildung 9 ersichtlich, wurden entlang jedes Transekts in Abständen von 100m Satellitenstichproben angelegt, sodass sich in jedem untersuchten Bestand 10 Probeflächen ergeben. Satellitenstichproben sind mehrere relativ kleine Untersuchungseinheiten, die um einen Zentralpunkt herum angeordnet sind. Eine Stichprobeneinheit ist dabei nicht die einzelne, sondern die Summe der Satelliten an einem Standort (ZÖHRER, 1980). Es wurden an jeder Probefläche, also alle 100 m, jeweils vier Stichproben angelegt (siehe

Abbildung 10). Das Zentrum jeder Stichprobe befindet sich genau fünf Meter vom ermittelten Probenzentrum entfernt, und zwar so, dass sich Satellitenfläche Nummer 1 im Norden, Nummer 2 im Osten, Nummer 3 im Süden und Nummer 4 im Westen des Probenzentrums befinden (siehe

Abbildung 10). Die Probenzentren wurden mittels GPS-Empfänger aufgesucht.

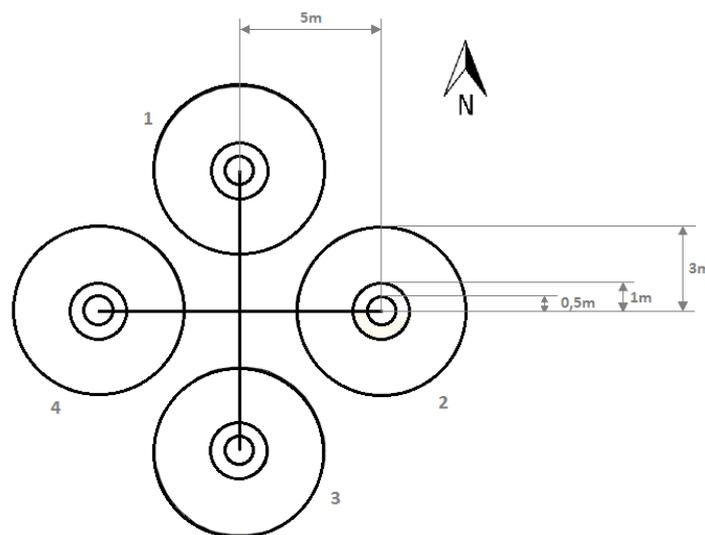


Abbildung 10: Schematische Darstellung einer Satellitenstichprobe

Jede der vier Satellitenstichproben an einer Probefläche besteht aus drei Kreisflächen mit unterschiedlichem Radius. Der innerste Kreis hat einen Radius von 0,5m, was eine zu erhebende Fläche von 0,79 m² ergibt. In diesem Kreis wurde nur die Verjüngung erhoben, die das Alter von drei Jahren noch nicht überschritten hatte. Der zweite Kreis hat einen Radius von 1m, das heißt, die Fläche ist 3,14m² groß und entspricht dem innersten Kreis zusätzlich eines 0,5m breiten Ringes. Innerhalb dieser Fläche wurden alle Individuen erfasst, die zwischen 3 Jahren und einer Höhe von 30cm waren. Der große äußere Kreis mit einem Radius von 3m und einer Fläche von 28m² diente zur Erhebung von allen Bäumchen, die zwischen einer Höhe von 30cm und der Kluppschwelle von 6cm, welche bei den taxatorischen Erhebungen für die Wirtschaftsplanerstellung verwendet wird, lagen.

Zunächst wurden einige Lageparameter für die gesamte Probeflächeneinheit (alle vier Satellitenstichproben gemeinsam) erhoben. Die Seehöhe der Stichprobe wurde am GPS-Gerät abgelesen. Die Exposition wurde entsprechend der achteiligen Windrose gemessen und mit den Codes (1=Norden, 2=Nordosten, 3=Osten, 4=Südosten, 5=Süden, 6=Südwesten, 7=Westen, 8=Nordwesten) notiert. Für die Messung der Hangneigung wurde ein Suunto-Neigungsmesser verwendet und die Neigung in Grad angegeben, später jedoch in Prozent umgerechnet.

Auch die bodenbeschreibenden Merkmale wurden für alle vier Satelliten gemeinsam im Probeflächenzentrum ermittelt. Die Gründigkeit wurde mittels Schlagbohrer auf 5cm genau gemessen. Der Wasserhaushalt wurde unter Anlehnung an die in Tabelle 1 aufgelisteten Merkmale für die Wasserhaushaltsstufen angesprochen.

Tabelle 1: Wasserhaushaltsstufen (verändert nach RUPRECHT UND VACIK, 2009)

Code	Bezeichnung	Erläuterung
1	trocken	Im Jahreschnitt herrscht Wassermangel; seichtgründige Böden auf Rücken und Oberhängen.
2	mäßig trocken	Hoher Sicker- und Hangwasserabfluss, geringe Wasserkapazität; sonenseitige Hanglagen, Rücken.
3	mäßig frisch	Keine ausgeglichene Wasserversorgung, periodische Austrocknung; Wasserabfluss überwiegt; weiter Übergangsbereich.
4	frisch	Normale Wasserversorgung (ausgeglichene Wasserbilanz), höchstens kurzzeitige Wasserknappheit, Vernässungen nur nach der Schneeschmelze möglich,
5	sehr frisch	Keine Trockenphasen; Hangwasserzufuhr überwiegt den Abfluss.
6	feucht	Im Jahresdurchschnitt herrscht Wasserüberschuss, keine Trockenphasen sind möglich; Hangwasserzufuhr überwiegt, meist Unterhangsituationen.
7	nass	Im Bereich fließenden und stauenden Grund- Hang- und Oberflächenwassers (Nassgallen); Boden stets tropfnass.

Für jede einzelne Satelliteneinheit erfolgte die Aufnahme der folgenden Merkmale. Zunächst wurde der Grad der Begrünung in % innerhalb des 3m-Radius geschätzt und anschließend eine Einteilung getroffen, zu welchem Anteil Gras, Kraut oder Moos die begrünete Fläche bedecken. Weiters wurden die Baumartenanteile in der überschirmenden Krone in Zehntel angegeben. Schließlich ist noch jedes Baumindividuum in den drei Kreisen gezählt und nach Baumart angesprochen, sowie dessen Höhe und eventuelle Schäden notiert worden. Bei den Schäden war es wichtig festzuhalten, um welche Art der Schädigung es sich handelt (z.B. Fegeschaden, Verbisschaden), ob es den Terminaltrieb oder die Seitentriebe betrifft und im

Falle des Seitentriebverbisses, ob mehr oder weniger als 90% der Triebe geschädigt sind (vgl. Aufnahmeformular im Anhang).

5.1.2. Erhebung der Verjüngungskerne entlang des Transekts

Um zu verhindern, dass durch die ausschließliche Erhebung der Satellitenstichproben zufällig keine Verjüngung gezählt wird, obwohl im Bestand trotzdem genügend oder immerhin mehr Verjüngung als auf den Satellitenstichproben zu erwarten ist, aufkommt, wurde eine weitere Aufnahmemethode angewandt.

Entlang des Transekts wurden zwischen den Punkten, also in jedem 100m langen Abschnitt, die vorhandenen Verjüngungskerne gezählt. Da die Probeflächen mit dem GPS-Gerät gesucht wurden, konnte jeder Punkt in annähernd direkter Linie angesteuert werden. Dadurch ergibt sich für den ganzen Transekt eine 900m lange Gerade. Entlang dieser Geraden wurden in einem 20m breiten Streifen (10m hangaufwärts, 10m hangabwärts) die vorhandenen Verjüngungskerne gezählt und bestimmten Kriterien qualitativ zugeordnet. Das heißt, für jeden Transekt wurde normalerweise eine Vollaufnahme der vorhandenen Verjüngung auf 1,8ha durchgeführt. Die Bedingung für die Aussagekraft der Weideintensitäten war, dass sich die Transekte zur Gänze innerhalb eines Bestandes befinden. Da einige Bestände zu klein waren, mussten fünf Transekte geteilt und vertikal versetzt angeordnet werden. Somit ergeben sich also nur acht 100m lange Abschnitte. Die voll aufgenommene Fläche beträgt somit je Transekt 1,6ha bzw. 1,8ha und insgesamt 22,4ha.

Für die Ansprache der vorhandenen Naturverjüngung wurden folgende Kriterien angesprochen:

Erstes Kriterium war die Überschirmung, wobei okular die Abdeckung der Fläche durch die Baumkronen und deren Projektion auf die Bodenoberfläche geschätzt worden ist (GRIESS UND KURTH, 1998). Sie wurde in drei Stufen unterteilt: 0-0,3; 0,3-0,6 und 0,6-1.

Zweites Kriterium war die Beurteilung des Standorts an dem sich der Verjüngungskern entwickelt hat. Es wurden fünf Kategorien vordefiniert: vorwiegend Gras, vorwiegend Kraut, unregelmäßiges Mikrorelief (z.B. Steinschüttung, felsiges Gelände, buckelig= rascher und kleinflächiger Wechsel von Konkav- und Konvexform des Geländes), Stock- bzw. Moderholz und Rohboden.

Drittens wurde die durchschnittliche Höhe der Bäume im Verjüngungskern angesprochen und einer der folgenden Klassen zugeordnet: unter 30cm Höhe, 30-130cm Höhe und 130cm

Höhe- 5,9cm Brusthöhendurchmesser. Die Kluppschwelle von 6cm wurde in Anlehnung an die taxatorischen Erhebungen des Amtes für Forstplanung übernommen um die Kontinuität bei der Durchmessergrenze zu wahren.

Weiters wurde noch die Größe des Verjüngungskerns angesprochen, wobei in drei Klassen unterschieden wurde. Wenig (w) bedeutet, dass weniger als fünf, aber mehr als 2 Individuen den Verjüngungskern bilden. Mittel (m) drückt aus, dass zwischen fünf und fünfzehn Individuen vorhanden sind. Viel (v) besagt, dass der Verjüngungskern aus mehr als fünfzehn Individuen aufgebaut ist.

5.1.3. Vergleichsflächen

Einen weiteren Ansatz zur Untersuchung der Verjüngungsentwicklung der besonderen Lärchenbestände ermöglichen die Vergleichsflächen in Tanas und Tappein. Bereits im Herbst 2006 bzw. im Frühjahr 2007 wurden diese Flächen angelegt um die Verjüngungsentwicklung zu beobachten. Die erste Vegetationsperiode war das Jahr 2007.

In vier Fällen handelt es sich um paarweise angeordnete Flächen (also insgesamt um acht) mit Abmessungen von 8x8, 6x6 oder 8x6 Metern. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurden diese paarweisen Flächen unter möglichst ähnlichen Standortverhältnissen (Hangneigung, Überschildung, Exposition) angelegt. Zumeist liegen sie direkt angrenzend, aber jedenfalls nicht weiter als 10m voneinander entfernt. Jeweils eine Fläche wurde mit wild- und weideviehdichten, 2m hohen Zäunen begrenzt, während die andere ohne Zaun belassen wurde.



Abbildung 11: Vergleichsfläche ohne Zaun: Mit dem Maßband eingeteilt ist das schachbrettartige Muster um das Auszählen und Zuordnen der Individuen zu erleichtern (QUELLE: EIGENES FOTO)

Zusätzlich wurden zwei weitere eingezäunte Flächen, allerdings ohne ungezäunten Vergleich eingerichtet.

Durch diese Vergleichsflächen sollte untersucht werden, ob es eine gangbare Möglichkeit darstellt, die Keimbedingungen für die Lärche als ausgeprägte Pionierart und Rohbodenkeimer künstlich zu verbessern und damit die Verjüngung auf besonders verjüngungsbedürftigen Standorten zu fördern. Dazu wurde auf jeder Fläche in einer schachbrettartigen Aufteilung auf 2x2 Metern der Oberboden bis zum Mineralboden abgezogen (Abbildung 11).

Unter Dokumentation der jeweiligen Verhältnisse am Standort wurde jedes Individuum vom Keimlingsalter an gezählt und vermessen (Höhe, Alter und Wurzelhalsdurchmesser). Wasserhaushaltsklasse, Exposition, Seehöhe, Hangneigung und Gründigkeit wurden für die gesamte Fläche ermittelt und für jede 4m² große Teilfläche zusätzlich das Begrünungsprozent, sowie der Anteil an krautigen Pflanzen, Gras und Moos angesprochen.

5.1.4. Hemiview -Aufnahmen zur Strahlungsmessung

5.1.4.1. Strahlung und Wachstum

Ohne Licht und damit auch ohne Strahlung würde Leben nicht möglich sein. MONTEITH UND MOSS (1977) beschreiben, dass die Trockenmasseproduktion und einhergehend das Wachstum von Nutzpflanzen und die Menge an aufgenommener Strahlung in einem linearen Zusammenhang stehen. Diese Beziehung wird als Strahlungseffizienz oder Lichtnutzungseffizienz bezeichnet.

Die Strahlungsverhältnisse im Wald variieren sehr stark. Einerseits gibt es Unterschiede im Tagesgang aber auch im Jahresverlauf, die sich durch den unterschiedlichen Sonnenstand ergeben. Außerdem unterliegen die Einstrahlungsbedingungen zusätzlichen Veränderungen, z.B. durch Wolken oder die Abschattung durch Bergketten. Deshalb wird zur Ermittlung der Strahlung innerhalb eines Waldbestandes die Einstrahlung unter dem Kronendach relativ zur Strahlung im benachbarten Freiland bzw. oberhalb des Kronendachs verwendet (KALLWEIT UND MAYER, 2008).

5.1.4.2. Hemiview

Hemisphärische Fotografie kann als Fernerkundungsmethode bezeichnet werden. Sie ermöglicht es, den Himmel oder Teile davon vom Boden aus abzubilden. Typische hemisphärische Fotos werden mit einer Digitalkamera, welche mit einer hemisphärischer

Linse (sog. „Fisheye“), einer Art Weitwinkelobjektiv, ausgestattet ist aufgenommen. Die resultierenden Abbildungen ermöglichen die Analyse eines Standortes und geben Aufschluss über die Sichtbarkeit des Himmels oder die Abdeckung durch Landschaftselemente, Pflanzenkronen oder menschlichen Infrastrukturen. Basierend auf den aufwärtsgerichteten Aufnahmen können das Strahlungsregime an bestimmten Punkten oder pflanzenspezifische Merkmale, wie zum Beispiel der LAI (leaf area index) analysiert werden (RICH ET AL., 1999).

Zur hemisphärischen Fotografie wurde die Kamera Canon D600 mit einem Sigma 8mm f3,5 EX DG Circular Fisheye-Objektiv verwendet. Das Objektiv hat eine sehr kurze Brennweite von 8mm. Damit wird gewährleistet, dass die Hemisphäre oberhalb des Objektivs mit einem Öffnungswinkel von 180° erfasst werden kann (RICH ET AL., 1999).



Abbildung 12: Aufstellung der Kamera im Gelände (Quelle: eigenes Foto)

Die Kamera ist auf einem Dreibein-Stativ mit selbstnivellierendem O-Lafettenkreisel montiert (Abbildung 12). Die zusätzliche Nivelliereinrichtung ermöglicht durch Gewichtsverlagerung mittels Stellschrauben das genaue horizontale Ausrichten. Außerdem wird die Kamera mit Hilfe der angebrachten Bussole manuell nach der Himmelsrichtung (Norden) ausgerichtet.

Zur Auswertung der Aufnahmen gibt es eine Software („Hemiview“). Damit ist es möglich nach Eingabe einiger standortsspezifischer Werte wie Koordinaten, Meereshöhe und Deklination am Standort zum Zeitpunkt der Aufnahmen, verschiedene Faktoren zu berechnen.



Abbildung 13: Hemisphärische Aufnahme im Original (links) und mittels Programm bearbeitete Aufnahme mit herausgearbeiteten Unterschieden zwischen Lücke und Überschirmung (rechts)

ISF (Indirect site factor): Auf dem Bild sind von Pflanzen bedeckte (schwarz) und nicht bedeckte Bereiche (weiß) ersichtlich (Bsp.: Abbildung 13). Auf Grund dessen wird die relative Einstrahlung durch diffuses Licht ermittelt

DSF (Direct site factor): Durch Überlagerung der Pixelbilder mit den Sonnenbahnen im Jahresverlauf kann die direkte Strahlung kalkuliert werden. Diese Sonnenflecken befinden sich dort, wo die Waldstruktur die Sonne auf ihrer Bahn nicht abschirmt

GSF (Global site factor): Durch die Werte ISF und DSF und dem daraus errechnetem gewogenen Mittel am Standort der Kamera wird ein weiterer Wert ausgegeben. Der GSF ist der Wert für die einfallende Strahlung im Bestand relativ zur Freilandstrahlung. Auf der Freifläche ist der GSF definitionsgemäß 1 (100% Strahlung). Im Waldbestand ist er jedenfalls kleiner als 1, mindestens aber 0 (KALLWEIT UND MAYER, 2008)

Für die Auswertung der Hemisphärischen Fotos ist die Ermittlung bzw. die Kenntnis der Deklination, also der Abweichung von magnetisch zu geographisch Nord notwendig. Dazu wurden zunächst in der ArcGis-Karte des Aufnahmegebietes die Koordinaten des Transekts erfasst. Der Längen- und Breitengrad wurde jeweils in der Mitte des gesamten Transekts abgenommen. Mittels eines im Internet frei verfügbaren IGRF-Deklinationsrechner (GEOFORSCHUNGSZENTRUM, 2015) kann unter Eingabe der Koordinaten und des Datums an dem die Aufnahmen gemacht wurden, die Deklination bestimmt werden (siehe Tabelle 2)

Tabelle 2: Deklinationsberechnung für die Auswertung der Hemisphärischen Aufnahmen Bsp.: Transekte.
Ebenso wurde für die Vergleichsflächen vorgegangen

Transekt Nummer	Nördliche Breite	Östliche Länge	Seehöhe	Deklination
1	46,71	10,55	1060	2,36
2	46,69	10,56	1240	2,36
3	46,68	10,60	1580	2,38
4	46,64	10,63	1700	2,41
5	46,65	10,67	1757	2,41
6	46,65	10,67	1820	2,41
7	46,64	10,67	1770	2,41
8	46,64	10,69	1730	2,41
9	46,64	10,69	1600	2,41
10	46,65	10,69	2030	2,41
11	46,65	10,72	1770	2,41
12	46,65	10,75	1870	2,43
13	46,64	10,87	1805	2,45

Für die Auswertung der Hemisphärenfotos in der Software HemiView 2.1 wurden Deklination und Linse (Sigma 8mm) berücksichtigt und für jeden Satellitenstrichprobenpunkt und für jede Probefläche der gesamte, vom Programm vorgesehene Output berechnet.

5.1.4.3. Aufstellung und Aufnahmen im Gelände

Die hemisphärische Kamera kam bei zwei der drei methodischen Ansätze zum Einsatz.

Bei der Aufnahme der Transekte wurde sie jeweils im Probekreiszentrum der vier Satellitenstichproben eingerichtet. Bei der Erhebung der Vergleichsflächen wurde die Mitte durch Ziehen der Diagonalen durch die Fläche ermittelt und die Kamera dort platziert. Die Fotografie wurde also für 9 bis 12 vier Quadratmeter große Teilflächen, nur einmal ausgeführt.

Um die Einwirkung der Strahlung auf die Keimbedingungen bzw. die Verjüngung zu erfassen, wurde die Kamera immer so nahe wie möglich am Boden eingerichtet. Der Fokus auf dem Fisheye-Converter wurde auf „unendlich“ gestellt, außer die Krone der übershirmenden Bäume oder Sträucher war sehr nahe über dem Objektiv. Die Fotografien wurden ausnahmslos ohne Blitzbeleuchtung aufgenommen. Um zu garantieren, dass sich die Lafette

nach dem Betätigen des Auslösers an der Kamera einpendelt und im Moment der Aufnahme ruhig hängt, wurde eine Zeitverzögerung von 10 Sekunden eingestellt.

Damit das spätere Auswerten der Bilder erleichtert wird, müssen die Fotos an einem gleichmäßig bedeckten Tag bzw. in der Morgen- oder Abenddämmerung aufgenommen werden. Direkte Sonneneinstrahlung ist unbedingt zu vermeiden, da v.a. helle Reflexionen an Stamm und Nadeln auf dem Bild fälschlicherweise so erscheinen, als ob an diesen Stellen diffuses Licht einstrahlt. Auch blaue Stellen am Himmel, die relativ zu den weißen Wolken sehr dunkel erscheinen, verfälschen das Bild, indem sie es so aussehen lassen, als ob dort eine pflanzliche Überschirmung (dunkle Pixel) vorhanden wäre.

Um kleinere Ungleichmäßigkeiten im Lichteinfall ausmerzen zu können, wurde an der Kamera die Einstellung getroffen, dass an jeder Position jeweils kurz hintereinander drei Bilder mit unterschiedlicher Belichtung aufgenommen werden. Später kann dann das Beste zur weiteren Analyse herangezogen werden.

5.2. Auswertung

Alle Auswertungen der Daten und statistischen Berechnungen wurden mit „Microsoft Excel 2010“ bzw. „IBM SPSS Statistics 21“ durchgeführt.

Metrische Daten wurden mittels Varianzanalysen bewertet. Zunächst war es notwendig die Homogenität der Varianzen mittels Levene-Test zu prüfen. Im Fall, dass die Varianzen homogen waren, konnte der Post-Hoc Tukey-Test herangezogen werden, ansonsten fand der Games-Howell-Test Anwendung. Es wurde immer auf eine 5-prozentige Irrtumswahrscheinlichkeit ($p < 0,05$) getestet.

Ein weiteres verwendetes Modell ist ein sehr häufiges Modell in Waldwachstumsfragen. Das logistische Regressionsmodell wird z.B. zur Analyse von bestandes- und standortsabhängigem Auftreten von Naturverjüngung (z.B. zur Beschreibung binär kodierter Sterbewahrscheinlichkeiten von Einzelbäumen (HASENAUER, 1994)) angewendet.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-cx}}$$

c = Vektor der Koeffizienten

x = Vektor der Prediktorvariablen

Viele der für die Modellentwicklung notwendigen Variablen lagen in nominal- oder ordinalskalierten Form vor. Zunächst mussten diese qualitativen Variablen daher als Dummy-Variable kodiert werden. Sinnvolle Gruppierungen bei qualitativen Merkmalen wie

Weideeinfluss oder Wasserhaushaltsstufe zu erhalten, wurden aufgrund der deskriptiven Analyse erstellt.

Soweit möglich wurden die Ergebnisse zur besseren Veranschaulichung auch grafisch dargestellt.

6. Ergebnisse

6.1. Transekte

6.1.1. Baumartenverteilung

Im gesamten Waldgebiet des Vinschgauer Sonnenberges, kommen entsprechend der Waldgesellschaft (Waldtyp La8) flächendeckende Lärchenaltholzbestände vor. In der Verjüngung treten außer der Lärche auch weitere Baumarten, wenn auch nur vereinzelt auf. Neben der Lärche findet sich Fichte, Zirbe, Bergahorn, Vogelbeere, Schwarzkiefer, Weißkiefer, Esche, Tanne und Robinie. Um die Größenordnungen zu verdeutlichen sieht man in Abbildung 14, dass wie im Altholz auch in der Verjüngung die Lärche mit ca. 70% klar dominiert. Ebenso stellt die Fichte mit 20% einen relativ hohen Anteil. Die restlichen Baumarten treten nur vereinzelt auf.

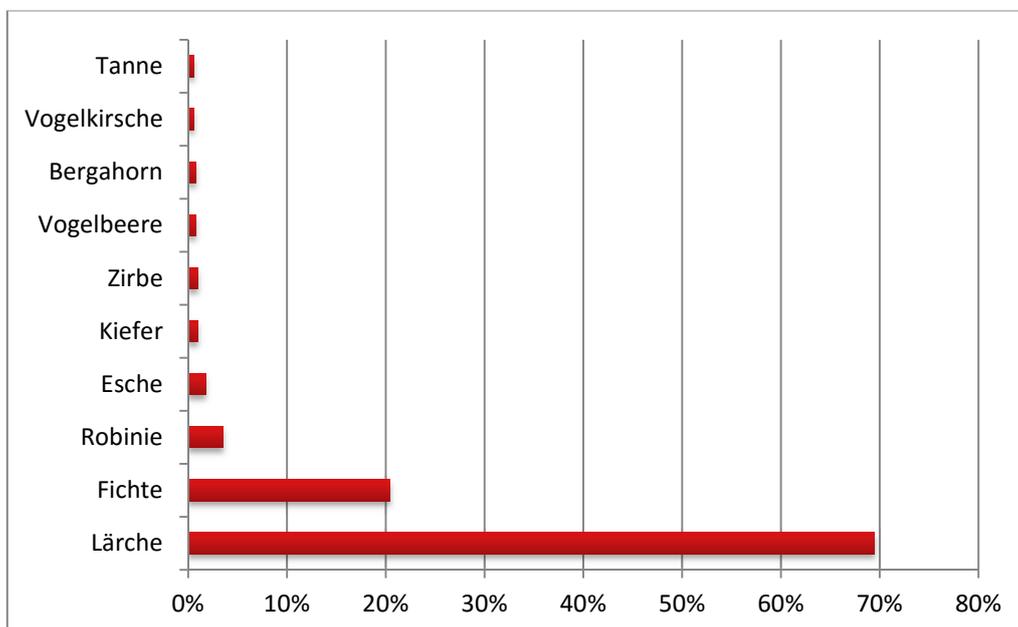


Abbildung 14: Baumartenanteile in der Verjüngung

Um die Auswertung zu vereinfachen, wird im Folgenden nur mehr die Einteilung in Lärche, Fichte, anderes Nadelholz und Laubholz getroffen.

Beim methodischen Ansatz der Transekte wurde die Verjüngung nach dem Alter (bzw. Höhe) klassifiziert. Die Einteilung erfolgte in drei Kategorien: in Keimlinge bis drei Jahre, Individuen zwischen drei Jahren und einer Höhe von 30cm und Individuen über 30cm bis zu einem Brusthöhendurchmesser von 5,9cm. Die Lärche bildet in allen drei Kategorien den größten Anteil, wobei sie aber im Übergang zur jeweils nächsten Stufe eine relativ hohe Stammzahl

einbüßt (Abbildung 15). Betrachtet man im Gegenzug das Laubholz, so, fällt auf, dass die Stammzahl im Keimlingsalter zwar von Beginn an nicht sehr groß ist der Rückgang der Stammzahl beim Übergang in die nächste Stufe nicht allzu hoch ist. V.a. bei der Fichte ist der Unterschied in der Stammzahl zwischen den bis Dreijährigen und den bis 30cm hohen Individuen, besonders groß.

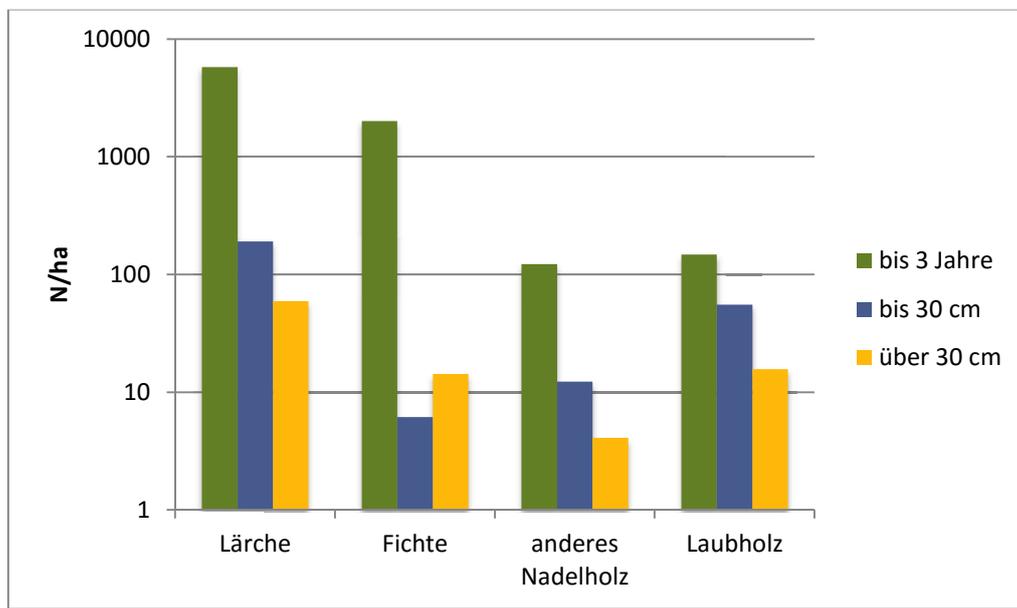


Abbildung 15: N/ha der verschiedenen Baumarten in Abhängigkeit von Höhe/Alter

Die Stammzahlen einiger Baumarten nehmen mit steigendem Alter relativ stark ab bzw. sind ausschließlich Keimlinge bzw. Individuen mit Höhen bis 30cm vorzufinden. Die Schwarzkiefer beispielsweise ist mit gut 500 Individuen pro Hektar in der Klasse bis 3 Jahren relativ stark vertreten, fällt aber schon in der nächsten Stufe vollständig aus. Ebenfalls der Bergahorn tritt in den Stufen bis 3 Jahre und bis 30cm relativ stark auf, verschwindet aber in der Klasse über 30cm vollständig.

6.1.2. Anzahl

Im folgenden Absatz wird die Anzahl der vorkommenden Individuen in der Verjüngung beschrieben. Auf den gesamten Satellitenstichproben wurden 508 Bäume gezählt.

Da die Flächen der Kreise auf den Satellitenstichproben für die unterschiedlichen Alterskategorien unterschiedlich groß waren, mussten die Hektarwerte mit Hilfe der jeweiligen Blow-up-Faktoren ermittelt werden.

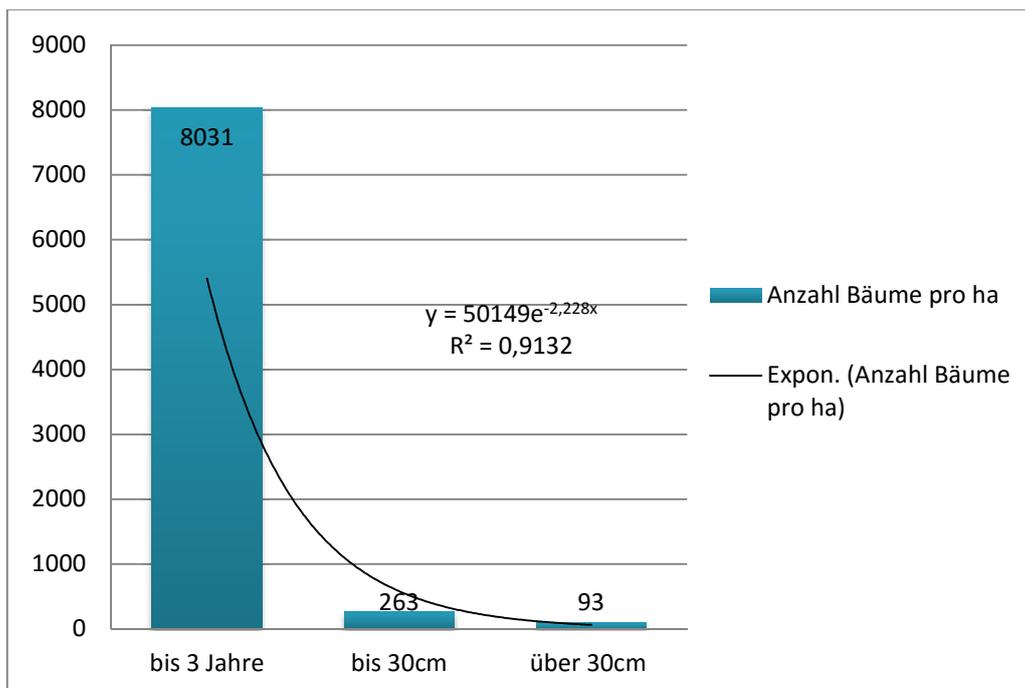


Abbildung 16: N/ha unabhängig von der Baumart eingeteilt nach Alterskategorien

Unabhängig von der Baumart sind erwartungsgemäß überproportional viele Individuen in der Klasse „bis drei Jahre“ vorhanden (Abbildung 16). Pro Hektar sind rund 8000 Bäume der jüngsten Kategorie zuzuordnen. Diese Zahl verringert sich aber sehr stark, sodass in der zweiten Stufe nur mehr ca. 260 und in der dritten noch 90 Individuen pro Hektar übrig bleiben. Dieser Trend folgt mit einer statistischen Bestimmtheit von 91% der exponentiellen Kurve $y = 50149e^{-2,228x}$.

6.1.3. Exposition

Die Exposition bedingt zu einem guten Teil das Feuchtigkeits-, Temperatur- und Strahlungsregime auf einer Fläche. Der Vinschgauer Sonnenberg liegt größtenteils auf südexponiertem Gelände. Dementsprechend lagen die meisten Satellitenstichproben auch auf Südhängen. Mindestens 18 Satelliten kamen aber auf jeder Exposition der achteiligen Windrose vor.

Tabelle 3: Anzahl der Probeflächen auf den unterschiedlichen Expositionen

Norden	Nordost	Ost	Südost	Süden	Südwest	Westen	Nordwest
18	24	33	84	186	73	82	20

Entsprechend der Hangausrichtung wurde eine gewichtete Verjüngungsverteilung errechnet (Tabelle 3) Somit kann die Verjüngungsfreudigkeit der Baumarten auf verschiedenen Expositionen beurteilt werden.

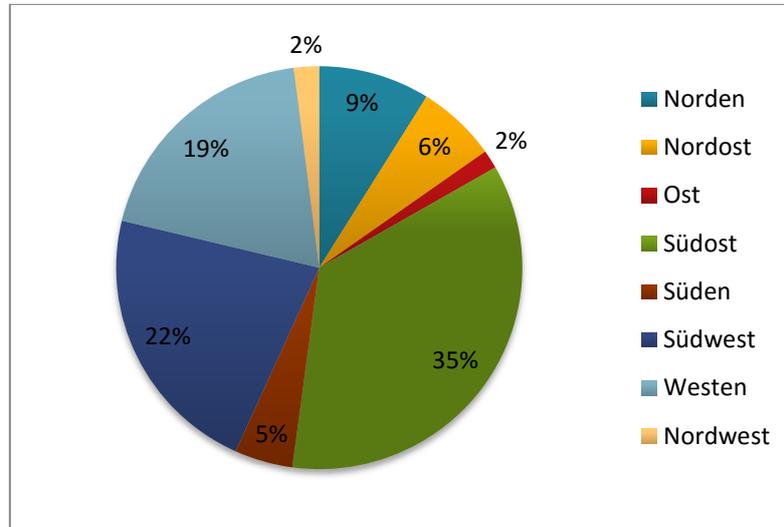


Abbildung 17: Gewichteter Anteil der Verjüngung auf Hängen mit unterschiedlicher Ausrichtung /Exposition

Allgemein und unabhängig von der Baumart kommt die Verjüngung bevorzugt auf Hängen mit südöstlicher (35%), südwestlicher (22%) und westlicher (19%) Ausrichtung auf (Abbildung 17).

Abbildung 18 zeigt, wo die Verjüngung verschiedener Baumarten vorkommt. Die Lärche findet man auf allen Expositionen, zum größten Teil aber auf Südost, Süd, Südwest. Tanne kommt erwartungsgemäß zu zwei Dritteln auf nordexponierten und zu einem Drittel auf südwestexponierten Flächen auf. Die Eberesche bevorzugt ebenfalls westliche und nördliche Ausrichtungen.

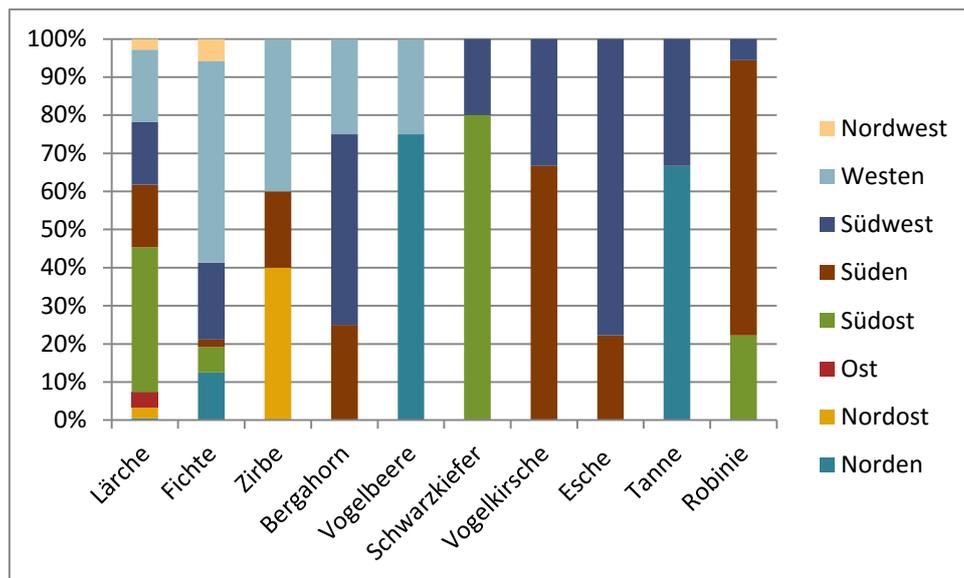


Abbildung 18: Baumartenabhängige Bevorzugung verschiedener Expositionen in der Verjüngung (N=520)

Zu beachten ist, dass für die meisten der hier genannten Baumarten nur sehr wenige Stichproben zur Verfügung standen.

Alle diesen Analysen brachten keine statistisch wirklich aussagekräftigen Ergebnisse, weshalb versucht wurde eine weitere Klassifizierung bzw. Überarbeitung der Daten vorzunehmen. Auf Basis der deskriptiven Analysen konnten Datengruppen identifiziert und zusammengefasst werden, damit man die Anzahl der Dummy-Codierung für die kategorialen Variablen reduziert, und damit mehr Fälle pro Kategorie erhält.

Die Zusammenfassung erfolgte in sinnvolle Gruppen. Aus den acht verschiedenen Expositionsausprägungen wurden zwei Gruppen kreiert. Die erste Gruppe bildeten die stark sonnenbeschienenen (Südost, Süd, Südwest) und die zweite Gruppe setzte sich aus den eher der Sonne abgewandten Expositionen (West, Nordwest, Nord, Nordost, Ost) zusammen.

Bei der Untersuchung der Lärchen unter 3 Jahren standen aber – ebenso wie bei den anderen Alterskategorien – allgemein nur sehr wenige Stichproben zur Verfügung. Deshalb ging der Parameter Exposition auch nach der Clusterung bei einem Signifikanzniveau von 0,05 nicht signifikant in das logistische Regressionsmodell ein. Erst eine Anhebung der Signifikanzschwelle auf <0,1 zeigt einen gesicherten Zusammenhang zwischen dem Aufkommen der Lärchen unter 3 Jahren und dem Cluster „stark sonnenbeschienen“.

6.1.4. Einfluss des Wasserhaushaltes auf die Naturverjüngung

Einhergehend mit der Exposition ist der Wasserhaushalt zu erwähnen. Natürlich hat nicht nur die Exposition einen Einfluss auf den Wasserhaushalt, sondern auch andere Faktoren wie Bodenart, Verdichtung, Hangneigung usw.

Tabelle 4: Anzahl der Probeflächen auf Standorten unterschiedlicher Wasserhaushaltsstufe

trocken	mäßig trocken	mäßig frisch	frisch	sehr frisch	feucht	nass
5	103	207	145	58	2	0

Ähnlich wie bei der Exposition wurde entsprechend der Wasserhaushaltsklasse am Standort der Probefläche eine gewichtete Verjüngungsverteilung errechnet (Tabelle 4) Somit kann die Verjüngungsfreudigkeit der Baumarten auf verschiedenen Expositionen beurteilt werden. Bis auf die Stufe „nass“ sind alle Wasserhaushaltsstufen im Untersuchungsgebiet vertreten. Wie man anhand Abbildung 19 erkennen kann, entwickelt sich ausgesprochen viel Verjüngung auch in den trockenen Wasserhaushaltsstufen. Bedeutend ist v.a. in „trockenen“ Gebieten der Rückgang in den Stammzahlen mit steigendem Alter. Die Dichte sinkt von gut 15000 pro Hektar auf null in der zweiten Höhenklasse.

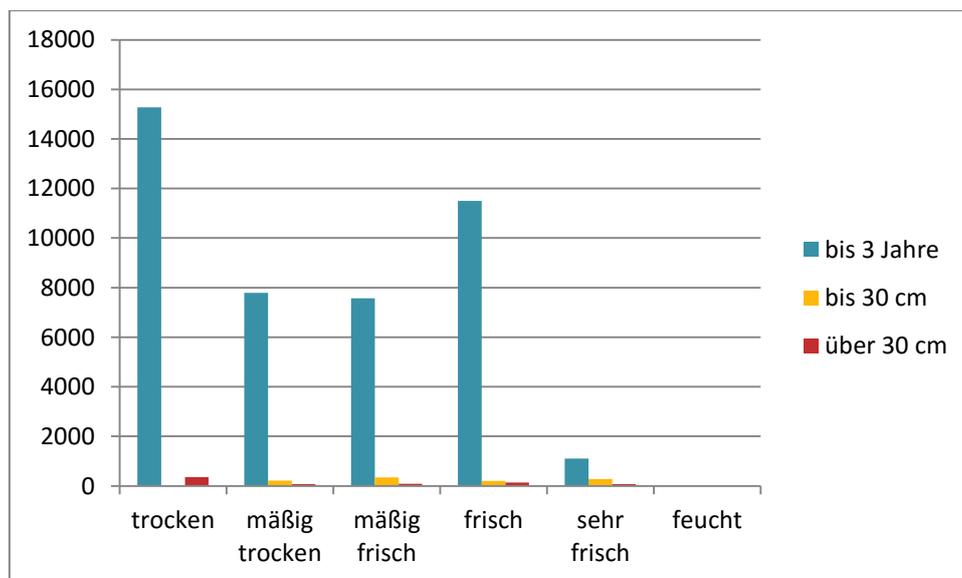


Abbildung 19: N/ha je nach Wasserhaushaltsstufe und Höhe/Alter (N=520)

Ebenso wie bei der Exposition unterscheiden sich diese Daten aber nicht signifikant voneinander, weshalb auch hier eine Einteilung in zwei Gruppen vorgenommen wurde. Die

Einordnung erfolgte in trockenere (trocken, mäßig trocken, mäßig frisch) und in feuchtere Verhältnisse (frisch, sehr frisch). Auch diese Unterscheidung brachte, vermutlich aufgrund der äußerst geringen Stichprobenanzahl bei $\alpha=0,05$ keine signifikanten Ergebnisse. Auch hier bewirkte die Anhebung des Signifikanzniveaus auf 0,01, dass der Parameter Wasserhaushalt signifikante Ergebnisse mittels der logistischen Regressionsanalyse brachte.

6.1.5. Einfluss der Weidebelastung

Für jeden Bestand, in dem ein Transekt angelegt wurde, wurde die Weideintensität, wie in Kapitel 5.1.1.2 erklärt, ermittelt. Mit dieser Information sollen die Auswirkungen der Weideintensität auf die ankommende Verjüngung beurteilt werden. Um für die Auswertung eine ausgeglichene Anzahl an Stichproben in jeder Weideintensitätsstufe zu erhalten, wurden die Transekte wie in Abbildung 20 verortet.

Die Transekte Nummer 1, 2 und 3 befinden sich in nicht beweidetem Gebiet (WIS 0), die Transekte 4, 11, 12 und 13 liegen in Beständen mit geringer Weidebelastung (WIS 1), Nummer 6, 7 und 9 auf Flächen mit mäßiger Beweidung (WIS 2) und die Transekte 5, 8 und 10 auf sehr intensiv beweideten Gebieten (WIS 3).

Markant ist die insgesamt stark abnehmende Stammzahl mit steigender Weideintensität. Die Lärche ist erwartungsgemäß bei jeder WIS vertreten, während das andere Nadelholz sowie das Laubholz stark unter intensiver Weidehaltung leiden. Ihr Anteil fällt mit steigender WIS. Lediglich die Fichte kann sich neben nicht beweideten Gebieten auch in extensiv beweideten Beständen in der Verjüngung halten.

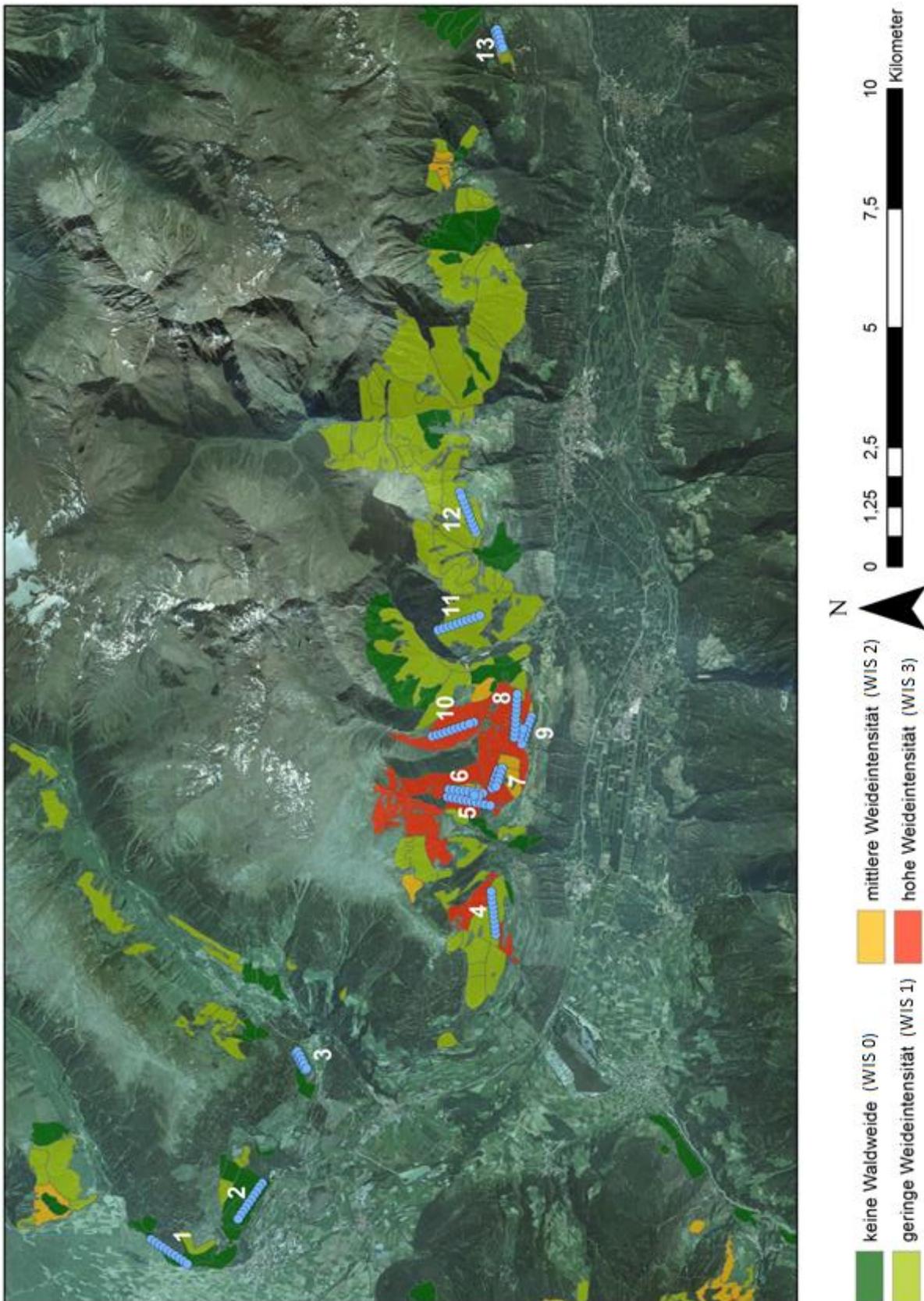


Abbildung 20: Karte mit Verortung der Transekte. Jeweils drei befinden sich in WIS 0, 2 und 3, vier in WIS 1 (verändert nach AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015)

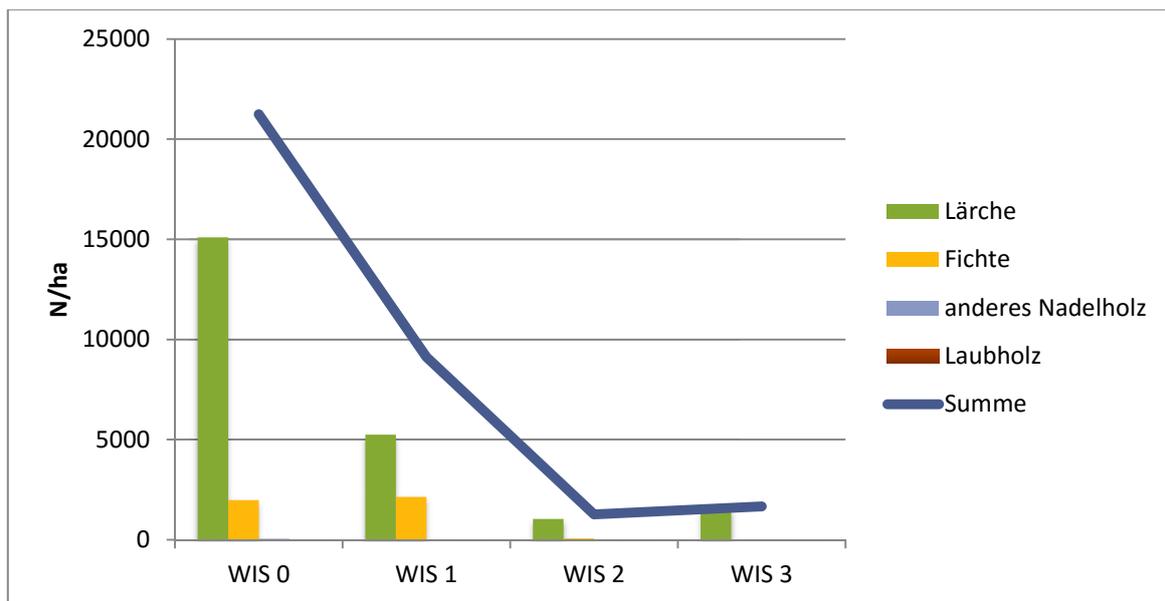


Abbildung 21: Verjüngungsanzahl pro Hektar in Abhängigkeit von der Weidebelastung (unabhängig von der Altersklasse)

Weiters hat die Weidebelastung einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Naturverjüngung. Sämtliche Laubbaumarten, sowie die übrigen Nadelhölzer (Tanne, Kiefer, Zirbe) kommen auf Flächen ohne jegliche Weidebewirtschaftung vor. Deren Anteil ist allerdings dermaßen gering, dass man ihn in der Darstellung nicht erkennt. Auch die Fichte ist ausschließlich, wenn auch zu einem relativ großen Anteil in den gar nicht bis wenig beweideten Beständen vorzufinden und verschwindet bei mittlerer bis starker Weide ganz (Abbildung 21).

6.1.6. Einfluss der Strahlung

Die Strahlung gilt allgemein als stark treibender Faktor für zahlreiche ökologisch maßgebende Vorgänge. Die Lärche als ausgesprochene Lichtbaumart benötigt deshalb besonders gering überschirmte Bereiche für die optimale Verjüngungsentwicklung. Dennoch konnten im Rahmen der Untersuchungen am Vinschgauer Sonnenberg keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der Verjüngung bei unterschiedlichem Strahlungseinfall festgestellt werden. Keiner der analysierten Faktoren (Global Site Factor, Indirect Site Factor, Direkt Site Faktor) zeigte, für sich allein analysiert, einen eindeutigen Einfluss darauf, dass er mit der Verjüngungsgunst eines Standortes korreliert (vgl. Abbildung 22).

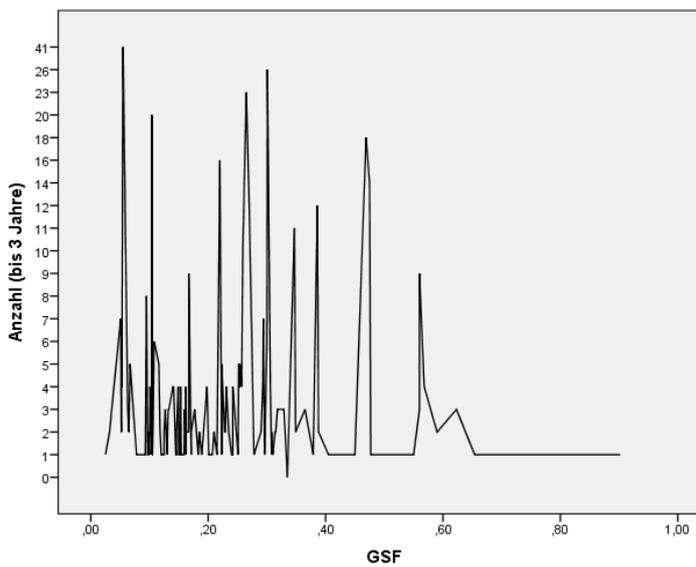
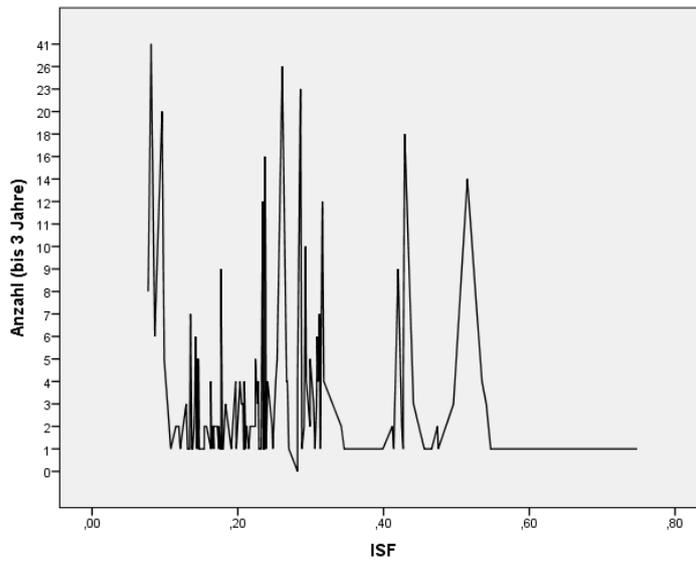
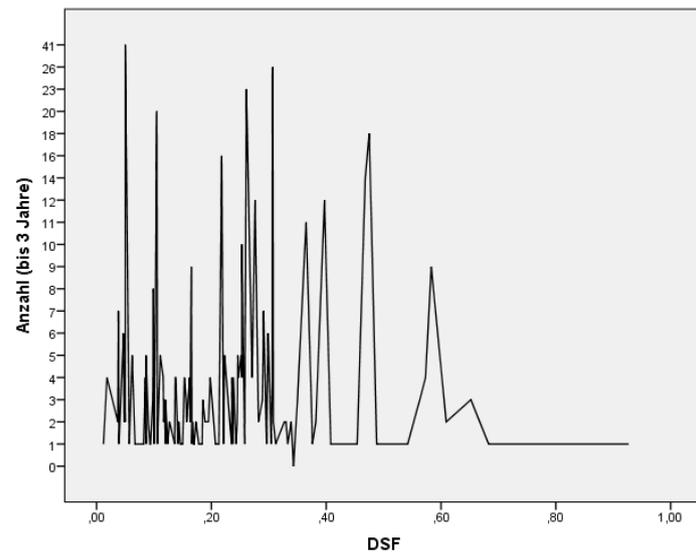


Abbildung 22: Anzahl der Individuen in Abhängigkeit von DSF, ISF und GSF

6.2. Vergleichsflächen

6.2.1. Einfluss des Zauns

Vordringlichstes oder augenscheinlichstes Ziel des Vergleiches von gezäunter zu ungezäunter Fläche war es zu untersuchen, ob eine Auswirkung des Wildes und des Weideviehs auf die Entwicklung der Naturverjüngung bzw. auf deren Dichte erfassbar ist.

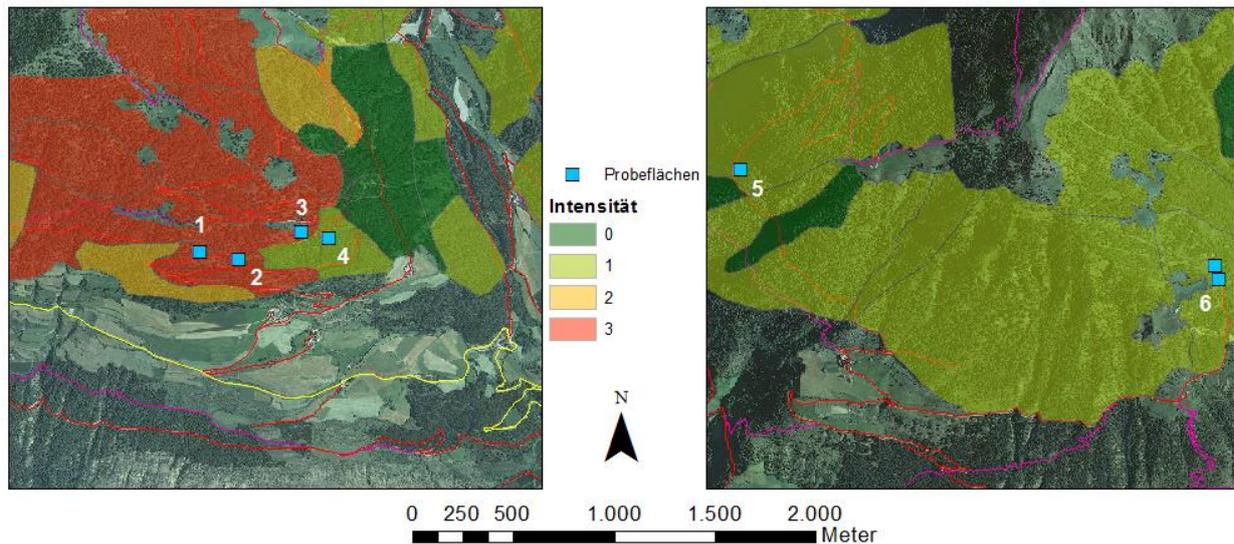


Abbildung 23: Lage der Vergleichsflächen mit unterschiedlichen Weideintensitäten (verändert nach AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015)

Die sechs untersuchten Flächen befinden sich jedenfalls auf beweidetem Gebiet (Abbildung 23). Die Flächen 1,2 und 3 in intensiver beweideten und 4,5 und 6 in sehr wenig beweideten Beständen.



Abbildung 24: Vergleichsfläche: Innerhalb ist die Bodenvegetation und dabei v.a. der Graswuchs ausgeprägt. Außerhalb bleiben die Stellen mit Bodenbearbeitung durch Viehtritt wesentlich länger sichtbar (QUELLE: EIGENES FOTO)

Es ist festzuhalten, dass der Zaun nicht nur direkt, durch das Verwehren des Zuganges für Herbivoren Einfluss auf die Verjüngung nimmt, sondern dass auch zahlreiche andere Faktoren in direktem Zusammenhang mit dem Bestehen des Zauns stehen und die Etablierung der Verjüngung nachhaltig beeinflussen können. Nachfolgend sollen diese Effekte analysiert werden (Abbildung 24).

6.2.1.1. Begrünungsprozent

Grundsätzlich bestehen auf den erhobenen Standorten deutliche ($p=0,004$) Unterschiede im Begrünungsprozent zwischen gezäunten und ungezäunten Flächen. Wie in Abbildung 25 ersichtlich ist, sind auf Flächen ohne Zaun durchschnittlich 86 % der Flächen von Bodenpflanzen bedeckt, während dieser Anteil innerhalb des Zauns ca. 92% beträgt.

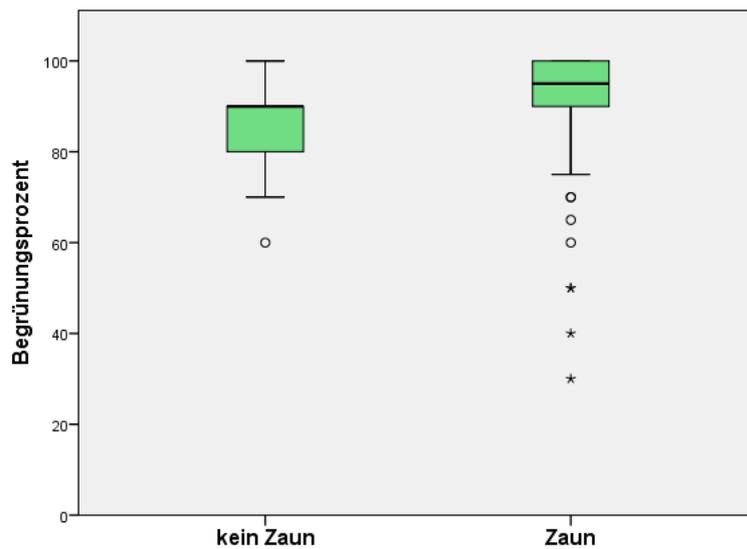


Abbildung 25: Begrünungsprozent über alle Teilflächen in gezäunten und ungezäunten Flächen (N=145)

Dieser Umstand ist augenscheinlich darauf zurückzuführen, dass sich die Versuchsanordnungen in jedem Fall in beweidetem Gebiet befinden. Dies mag auf den ersten Blick keine große Abweichung sein. Trotzdem kann dieser Unterschied für die Lärche, als ausgesprochene Lichtbaumart, die mit Beschattung nicht gut zu Recht kommt, ein bedeutender sein, um die Keimung zu ermöglichen oder nicht.

6.2.1.2. Gras und Krautanteil

Bei der Aufnahme wurde aber nicht nur das Begrünungsprozent erhoben, sondern auch eine Einteilung in krautige Pflanzen und Gras vorgenommen.

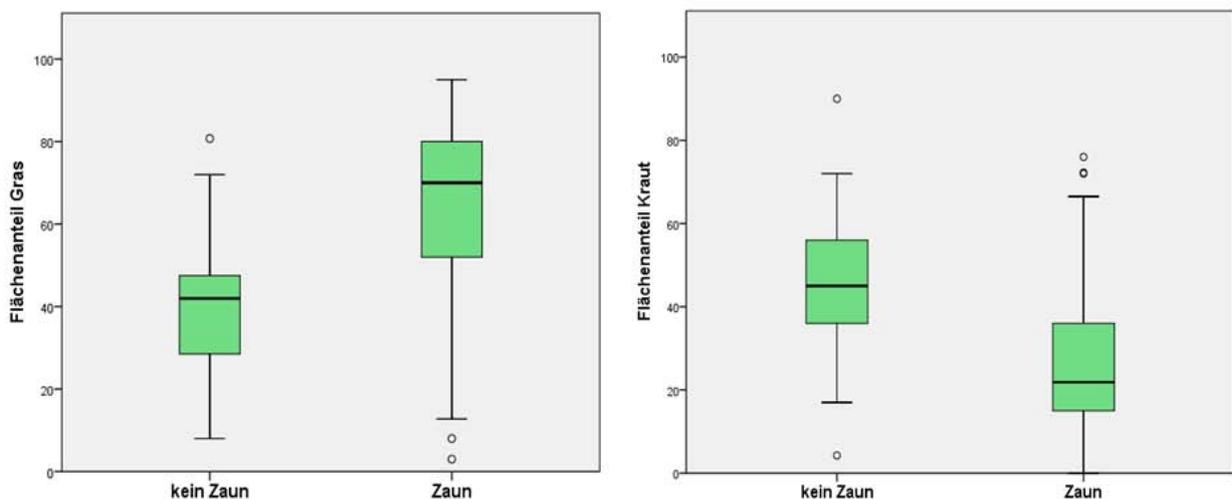


Abbildung 26: Gegenüberstellung der Flächenanteile Gras und krautige Pflanzen mit und ohne Zaun (N=145)

Auch in diesem Zusammenhang ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen innerhalb und außerhalb des Zauns.

Wie in Abbildung 26 ersichtlich, ist innerhalb des Zauns ein deutlicher Überhang an Gras festzustellen. 52-80% der Fläche werden von Gras, nur 18-38% von krautigen Pflanzen bedeckt.

Bei keiner Umzäunung sind die Anteile von Kraut und Gras ziemlich ähnlich und belaufen sich auf jeweils ungefähr die Hälfte.

6.2.1.3. Anzahl an Individuen

Es überrascht nicht, dass innerhalb des Zauns deutlich mehr an Verjüngung anzutreffen ist als außerhalb des Zauns. Innerhalb kamen je Teilfläche durchschnittlich ca. 5, außerhalb nur etwa 1 Individuum vor (siehe Abbildung 27).

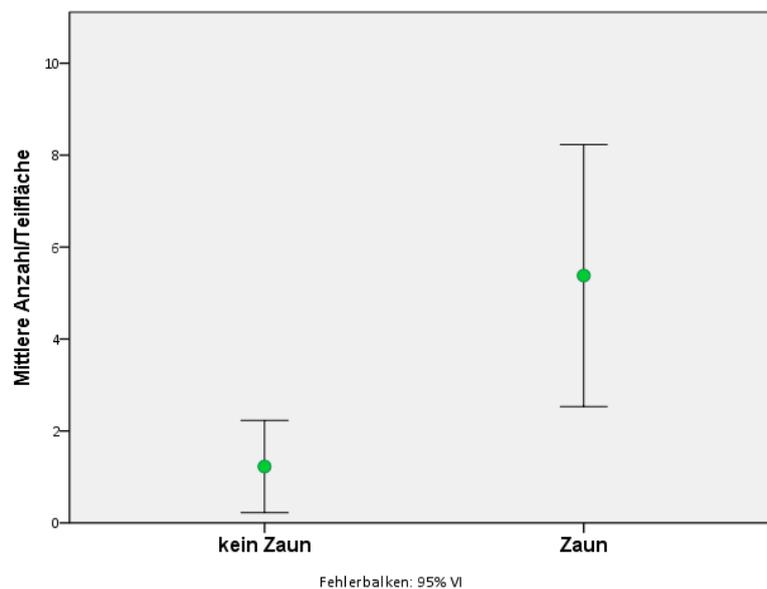


Abbildung 27: Anzahl der Individuen je Teilfläche in Abhängigkeit vom Zaun (N=560)

Entsprechend der Abbildung 28 kommen 81% aller auf den Vergleichsflächen gezählten Individuen auf Flächen mit Zaun vor. Nur 19% wachsen außerhalb des Zaunes.

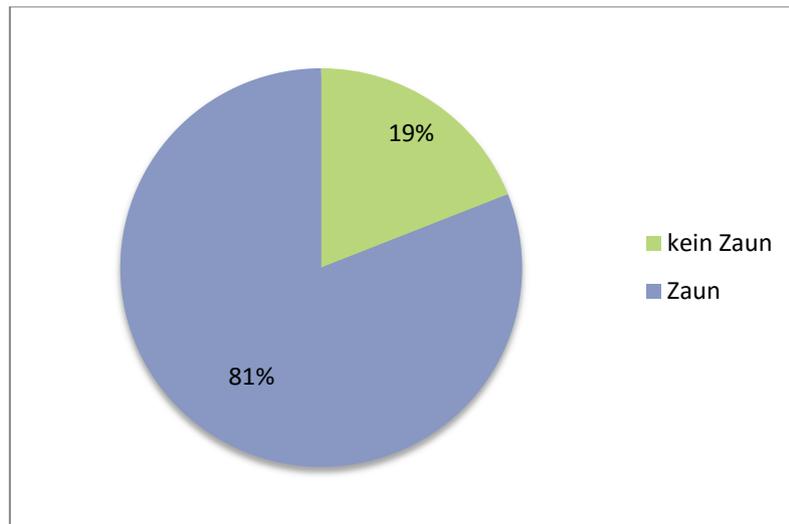


Abbildung 28: Vorkommen der Naturverjüngung je nachdem ob sie eingezäunt ist oder nicht (N=560)

Erstaunlich ist jedoch, dass sich die Lärche auf den Flächen mit intensiverer Beweidung auch außerhalb des Zauns besser verjüngt, als auf den extensiv genutzten Waldweideflächen. Diesen Umstand zeigt Abbildung 29.

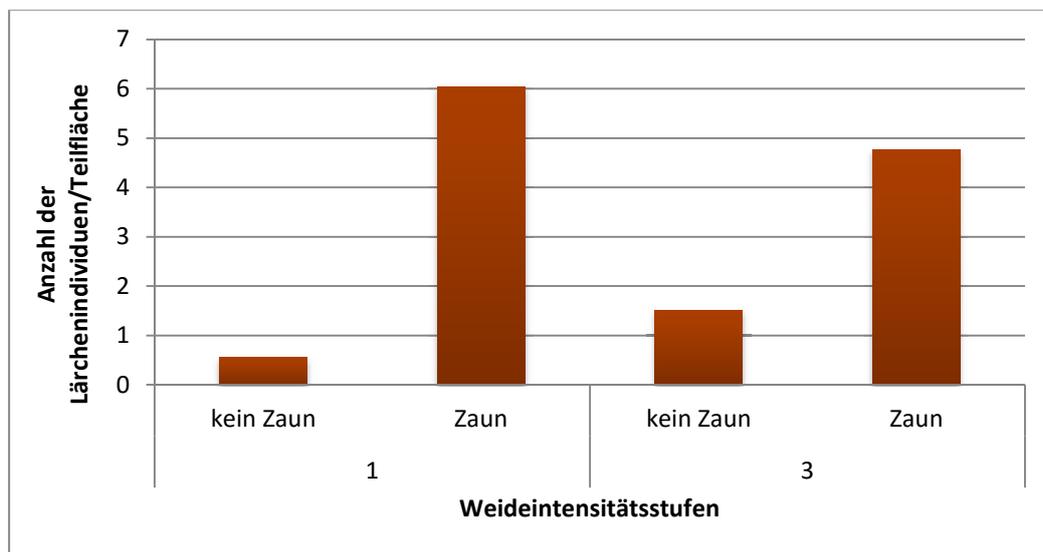


Abbildung 29: Verjüngung mit und ohne Zaun auf WIS 1 und 3 (N=560)

6.2.2. Einfluss der Bodenbearbeitung

Ziel der Arbeit ist es unter anderem zu klären, inwiefern sich die mechanische Entfernung des Oberbodens auf die Entwicklung der Fläche auswirkt und ob sich die Hypothese der positiven Wirkung bestätigt werden kann.

Wie in den Methoden bereits beschrieben, wurde im Jahr der Errichtung der Zäune, also im Herbst 2006 bzw. Frühjahr 2007 in schachbrettartiger Anordnung die Humusaufgabe entfernt, sodass der Mineralboden frei lag. Im Folgenden soll erläutert werden, wie sich die Situation im Sommer 2014 dargestellt hat.

6.2.2.1. Auf Begrünung, Gras- und Krautanteil

Abbildung 30 zeigt überblicksmäßig die Begrünungsprozente in Abhängigkeit von der Tatsache, ob die Fläche innerhalb oder außerhalb des Zauns liegt bzw. ob Bodenbearbeitung durchgeführt wurde oder nicht. Auf den ersten Blick fällt auf, dass Flächen, auf denen der Oberboden entfernt wurde (blaue Balken) nach sieben Vegetationsperioden grundsätzlich spärlicher begrünt sind. Weiters markant ist der Unterschied zwischen den blauen Balken innerhalb und außerhalb des Zauns. Obwohl jede Fläche gleich lang Zeit hatte sich wieder zu begrünen, ging dieser Prozess außerhalb des Zaunes aufgrund des Wild- und Weidedrucks doch deutlich schleppender.

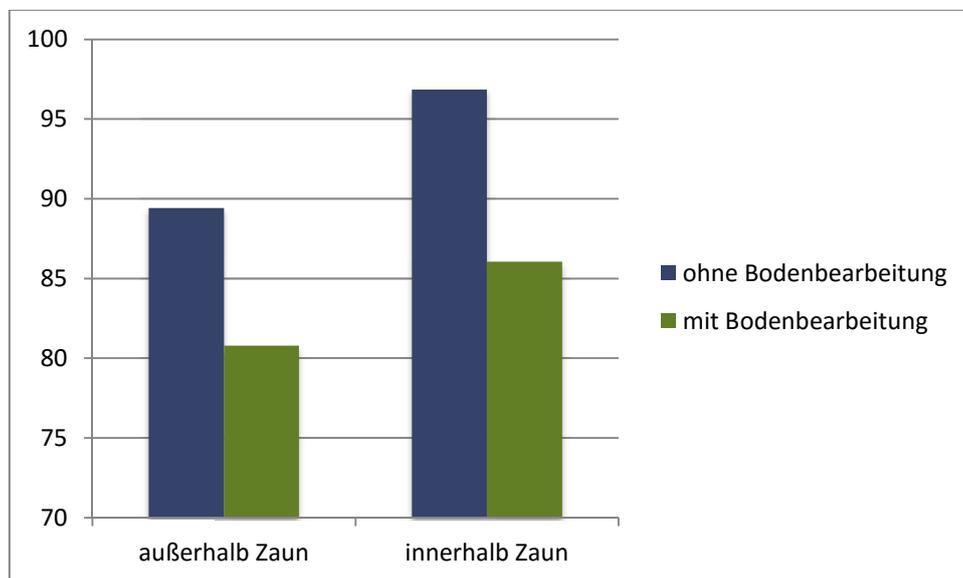


Abbildung 30: Überblick über die Begrünungsprozente je nach Zaun und Bodenbearbeitung (N=145)

Flächen innerhalb des Zauns, welche keine Oberbodenentfernung erfahren haben (blauer Balken rechts), liegen sehr nahe an der maximalen Bodenbedeckung von 100%.

Sowohl innerhalb als auch außerhalb liegt die Differenz der Begrünungsprozente zwischen Flächen ohne und mit Bodenbearbeitung bei ca. 10%.

Abbildung 31 zeigt, die Begrünung nur in Abhängigkeit von der Bodenbehandlung, nimmt also keine Differenzierung nach Standort innerhalb oder außerhalb des Zauns vor. Man

erkennt, dass Flächen mit Bodenbearbeitung hinsichtlich der Begrünung relativ stark streuen. Ausreißer finden sich ausschließlich dort.

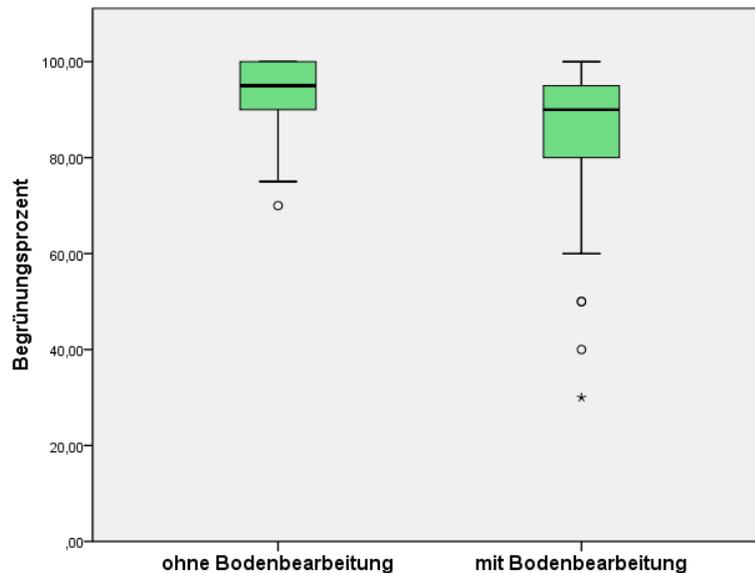


Abbildung 31: Begrünungsprozent in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=145)

Auch bei der Aufteilung des Begrünungsprozentes in Gras- und Krautanteil gibt es höchstsignifikante Unterschiede zwischen bearbeiteten und nicht bearbeiteten Flächen (siehe Abbildung 32). Wie man an den langen Fehlerbalken erkennen kann, variieren die Werte relativ stark. Man kann trotzdem mit statistischer Sicherheit davon ausgehen, dass ohne Bodenbearbeitung der Grasanteil den Krautanteil stark übersteigt und mit Bodenbearbeitung der Krautanteil relativ zum Gras zunimmt, aber immer noch unter diesem liegt.

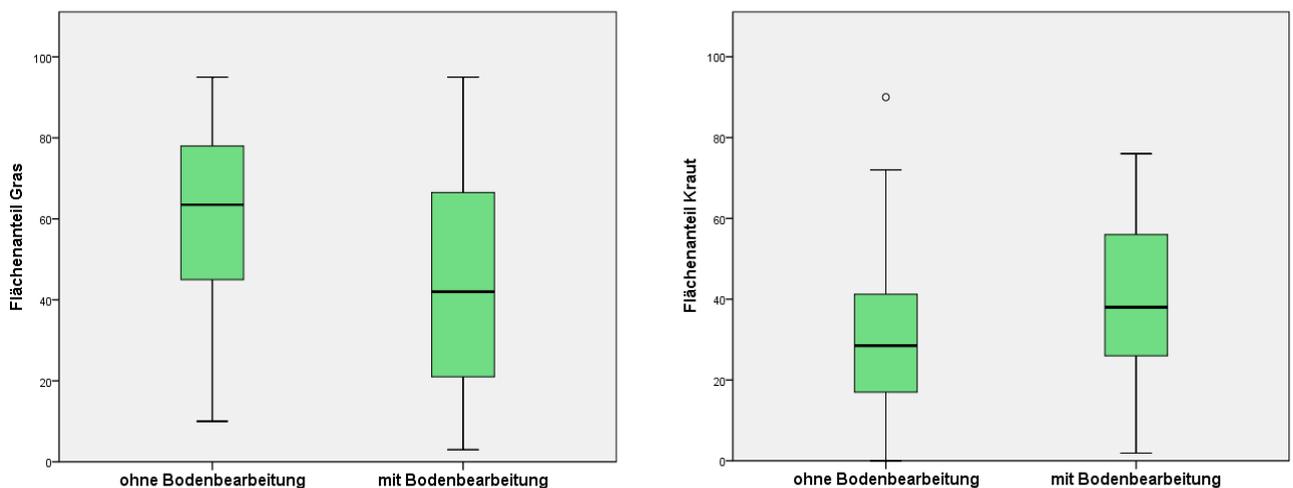


Abbildung 32: Gegenüberstellung Gras- und Krautanteil in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=145)

6.2.2.2. Auf die Individuenanzahl

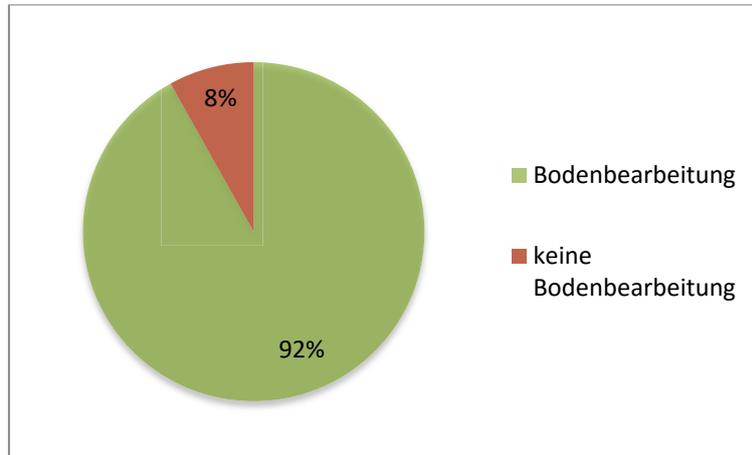


Abbildung 33: Vorkommen der Naturverjüngung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=560)

Die Lärche gilt als ausgesprochener Rohbodenkeimer und deshalb auch als Pionier auf Störungsflächen, z.B. Windwurfteflern, Lawinen mit Bodenabtrag, Murgängen und Erdbeben. Genau dieses ausgeprägte Vermögen Rohboden zu besiedeln zeigte sich auf den Vergleichsflächen am Sonnenberg. Erstaunliche 92% aller gezählten Individuen auf den Vergleichsflächen keimten auf Flächen mit Bodenbearbeitung, lediglich 8% auf den unbehandelten Flächen (Abbildung 33).

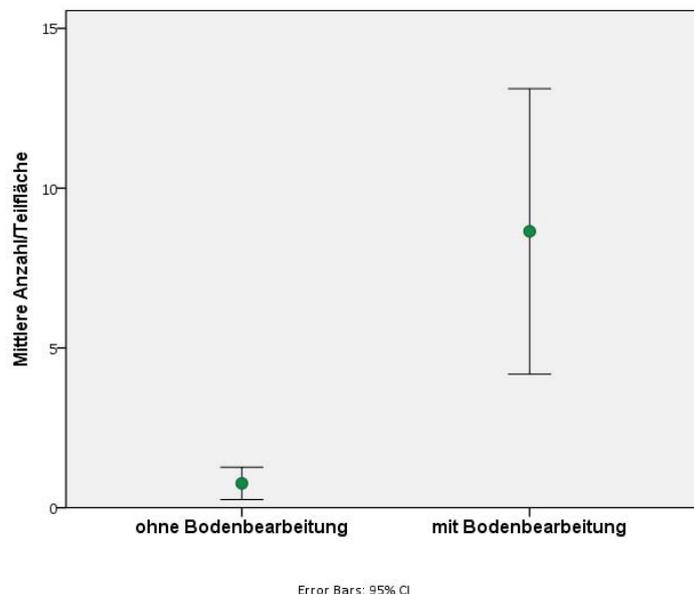


Abbildung 34: mittlere Anzahl der Lärchenindividuen je nach Behandlung des Bodens (N=560)

Auffallend ist, dass ohne Bodenbearbeitung durchschnittlich nur 1-2 Lärchen pro Teilfläche wachsen, während sich auf Rohbodenstandorten im Mittel ca. 7 finden (Abbildung 34).

6.2.3. Einfluss der Begrünung des Waldbodens

6.2.3.1. Begrünung auf Anzahl der Verjüngung

Auf den Vergleichsflächen am Vinschgauer Sonnenberg konnte kein signifikanter Einfluss der Begrünung auf die Anzahl der Lärchenverjüngung festgestellt werden. Ein signifikanter Unterschied ergibt sich lediglich wenn man die Begrünungsgrade in zwei Gruppen (20-60 und 60-100%) einteilt. Dennoch lässt sich ein Trend dahingehend erkennen, dass mit steigendem Begrünungsgrad die Anzahl der Individuen pro Teilfläche sinkt (siehe Abbildung 35)

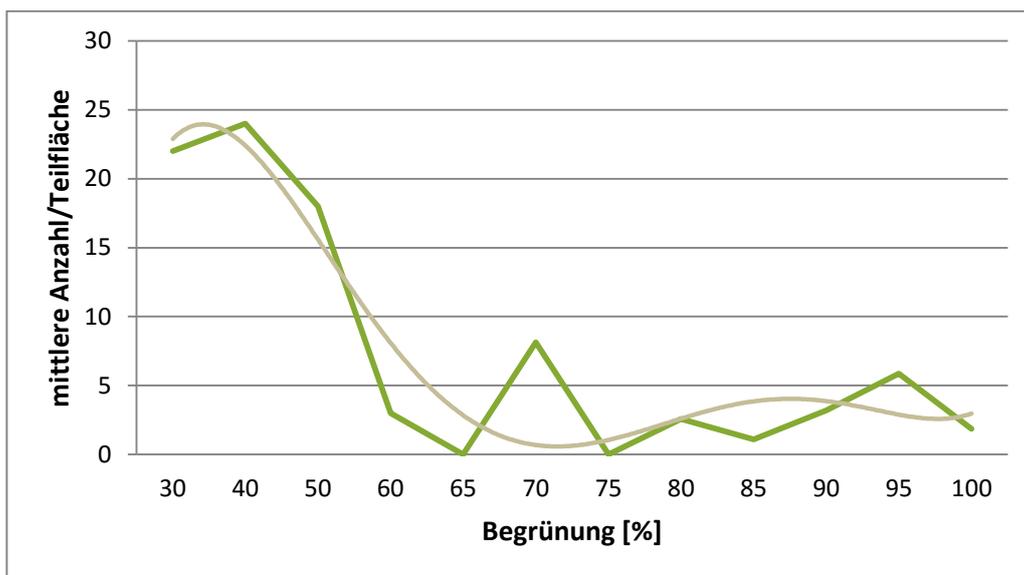


Abbildung 35: Abhängigkeit der Individuenanzahl von der Begrünung (N=145)

6.2.3.2. Gras und Krautanteil auf Anzahl der Verjüngung

Vergrasung gilt allgemein als besonders gravierendes Verjüngungshemmnis. Sie stellt sowohl eine Nährstoff- als auch eine Wuchsraum- (oberirdisch und unterirdisch) und Strahlungsgenusskonkurrenz für die Lärchenkeimlinge dar. Jedoch hat sich bei den Aufnahmen im Sommer 2014 gezeigt, dass es für die Anzahl der Verjüngung keinen Unterschied macht, welcher Grasanteil im Vergleich zu krautigen Pflanzen herrscht. Ausschlaggebend ist lediglich die Intensität der Begrünung im Allgemeinen (siehe Kapitel 6.2.3.1 und Abbildung 35).

6.2.4. Einfluss der Bodenfeuchte

6.2.4.1. Auf die Begrünung

Es wurde vermutet, dass die Wasserhaushaltsstufe und damit die Bodenfeuchte einen Einfluss auf die Art (Gras/Kraut) und auf das Begrünungsprozent ausüben. Dennoch zeigte sich, dass Wasserhaushaltsstufe und Begrünungsprozent sowie Gras- und Krautanteil keinen statistisch erkennbaren Zusammenhang ergeben.

6.2.4.2. Auf die Anzahl der Individuen

Deshalb wurden die in Tabelle 1, auf Seite 30 aufgelisteten Stufen herangezogen um das Wasserhaushaltsregime entsprechend einzuordnen. Die besondere klimatische Situation am Vinschgauer Sonnenberg spiegelt sich auch in den dominierenden Wasserhaushaltsklassen der Vergleichsflächen wider. Bei diesen Untersuchungen konnten lediglich die Klassen 2=mäßig trocken, 3=mäßig frisch und 4=frisch vorgefunden werden.

Dass die Wasserverfügbarkeit oft einen limitierenden Faktor für die Waldentwicklung darstellt ist unumstritten. Abbildung 36 unterstreicht diese Annahme auf eindrucksvolle Weise. Während auf Standorten mit hohem Hangwasserabfluss und geringer Wasserspeicherkapazität auf sonnenzugewandten Hängen und Rücken nur 1,1 Individuen pro Teilfläche vorkommen, können Standorte mit eher ausgeglichener Wasserbilanz und höchstens kurzzeitiger Wasserknappheit mit 13,1 Individuen pro Teilfläche aufwarten (Abbildung 36). Auch statistisch ist dieser Unterschied belegt.

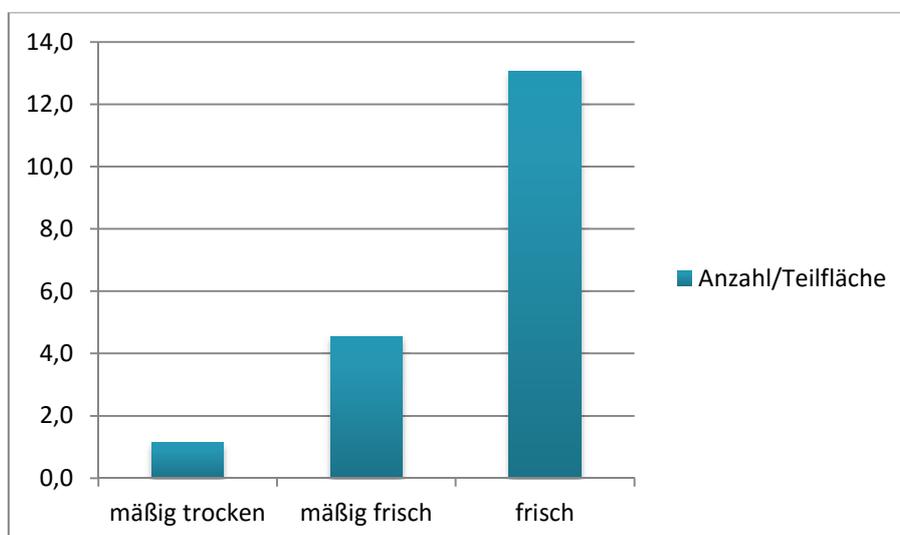


Abbildung 36: Anzahl der Verjüngungskerne in Abhängigkeit von der Wasserhaushaltsklasse (N=145)

6.2.5. Höhe, Wurzelhalsdurchmesser und Alter

6.2.5.1. Verhältnis aus Wurzelhalsdurchmesser und Höhe

Wie in Abbildung 37 ersichtlich ist, schwanken die Werte für die Höhe bei einem bestimmten Wurzelhalsdurchmesser mit einem Bestimmtheitsmaß von 73% um die Gerade $y=3,0443x+4,2876$. Da die meisten Individuen relativ jung waren, häufen sich die Werte im Bereich zwischen 0 und 5 mm Wurzelhalsdurchmesser und zwischen 0 und 20cm Höhe. Abbildung 37 gibt die Werte unabhängig vom Standort bzw. von den Wuchsbedingungen der Pflanzen an. Ob ein Unterschied zwischen den Wuchsbedingungen festgestellt werden kann, wird weiter unten analysiert.

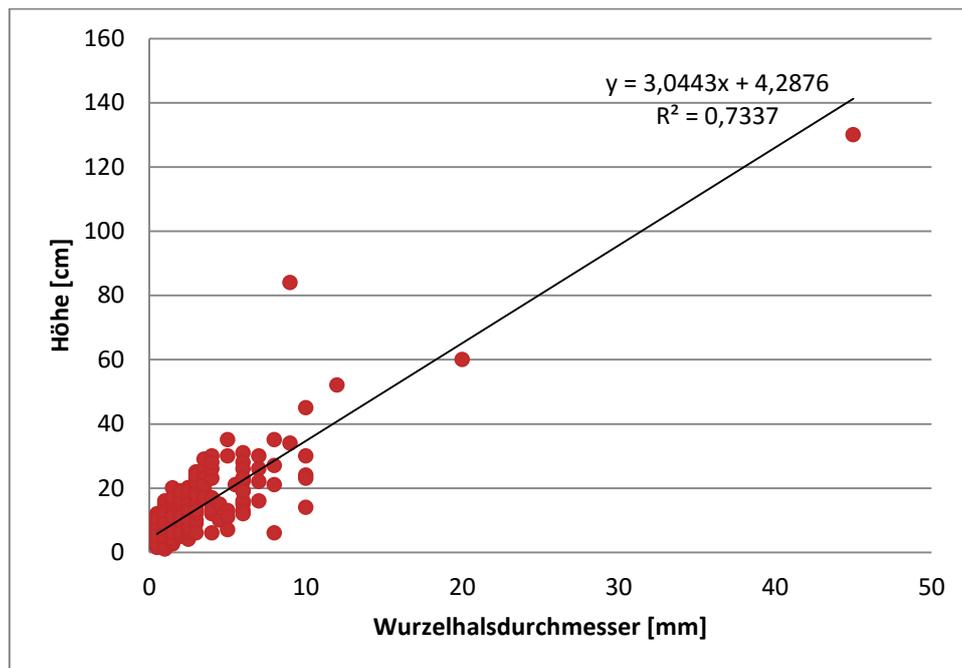


Abbildung 37: Verhältnis aus Höhe und Wurzelhalsdurchmesser der aufgefundenen Pflanzen unabhängig vom jeweiligen Standort (N=560)

Da das Verhältnis aus Höhe und Wurzelhalsdurchmesser (H/WHD) ein entscheidendes Merkmal zur Bestimmung der Vitalität eines Baumindividuums der jüngeren Altersklassen ist, wurde der Unterschied dieser Werte zwischen eingezäunten und nicht eingezäunten Flächen untersucht. Aus Abbildung 38 und den dazugehörigen Berechnungen geht hervor, dass die H/WHD-Werte innerhalb und außerhalb des Zaunes signifikant verschieden sind.

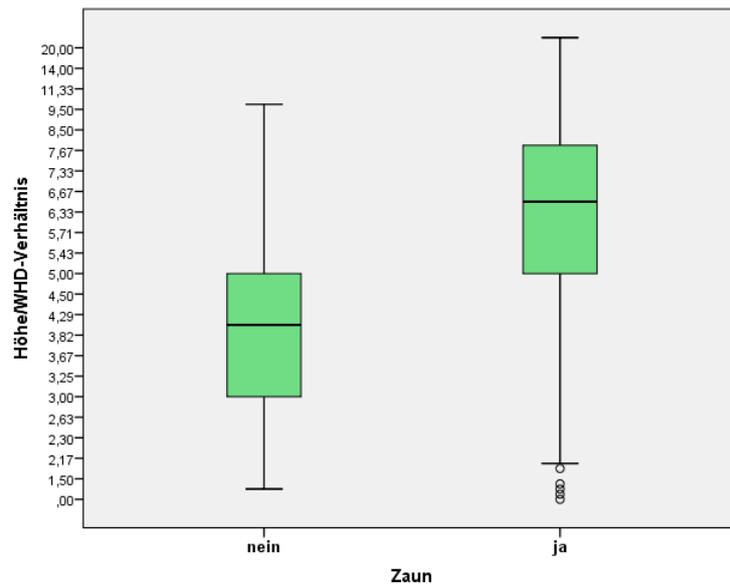


Abbildung 38: Verhältnis aus Höhe und Wurzelhalsdurchmesser in Abhängigkeit von Zaun (N=560)

Die Analyse der Abhängigkeit des H/WHD-Verhältnisses von der Bodenbearbeitung ergibt keinen signifikanten Unterschied ($p=0,066$).

6.2.5.2. Alter

Die Anzahl der Lärchenverjüngung variiert naturgemäß mit dem Alter sehr stark und folgt typischerweise der umgekehrt J-förmigen Verteilung. Folgende Grafik (Abbildung 39) zeigt zwei unterschiedliche Analysevarianten. Die roten Säulen zeigen alle aufgenommenen Individuen, also alle Altersstufen, auch die Keimlinge. Die blauen Säulen zeigen die Verteilung, ohne die Keimlinge, da angenommen werden kann, dass zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht alle Samen gekeimt haben und deshalb nur wenige erfasst werden konnten.

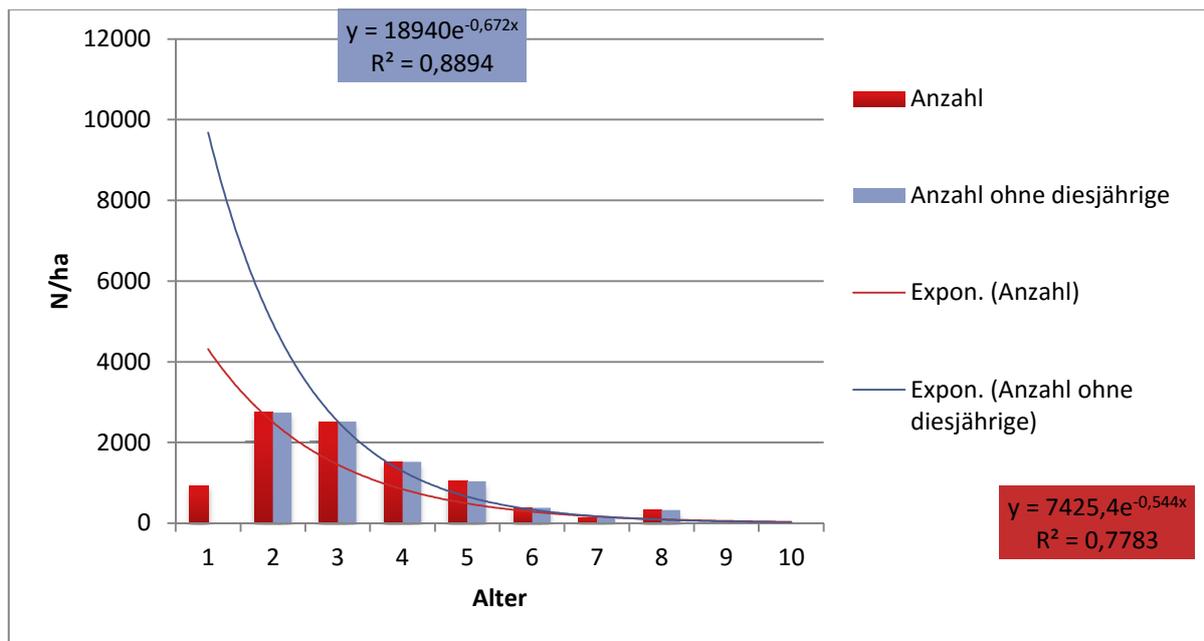


Abbildung 39: N/ha in Abhängigkeit vom Alter.

Die Dichte der erhobenen Individuen ohne Keimlinge sinkt mit steigendem Alter (siehe Abbildung 39) erheblich und beschreibt mit 89%iger Bestimmtheit eine Exponentialfunktion ($y=18940e^{-0,672x}$).

6.2.5.2.1. Alter in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Zaun

Das Alter variiert weder je nach Bodenbearbeitung noch je nach Zaun. Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang, ist also weder innerhalb des Zauns noch außerhalb der bearbeiteten Flächen höher. Das bedeutet, dass auch vor der Bodenbearbeitung bzw. vor der Umzäunung keine Individuen auf der Fläche gewachsen sind, oder jedenfalls nicht bis zu den Aufnahmen im Sommer 2014 überlebt haben.

6.3. Verjüngungskerne

Um zu vermeiden, dass entlang des Transekts vorkommende Verjüngungskerne durch den Rost fallen, weil sie zufällig nicht in der Satellitenstichprobe liegen, wurde eine Vollaufnahme von 1,6ha bzw. 1,8ha pro Transekt durchgeführt. Auf diesen Flächen wurde die Verjüngung gezählt und deren Standort charakterisiert.

6.3.1. Die Altersklassen der Verjüngung

Jeder Verjüngungskern wurde nach Größe und Höhe klassifiziert. Setzt man die Höhenklassen (<30cm, 30-130cm und >130cm) mit Altersstufen gleich, so ergibt sich folgende Verteilung: 59 (27%) sind in der jüngsten Kategorie, 109 (51%) befinden sich in der mittleren Alters/Höhenklasse und 48 (22%) in der ältesten.

6.3.2. Anteile verschiedener Überschirmungsraten im Waldbestand

Zunächst lagen nur die absoluten Zahlen der Verjüngungskerne in jedem Abschnitt vor. Da die Flächen auf denen sie erhoben wurden bekannt sind, konnten die Angaben leicht in hektarbezogene Werte umgewandelt und somit verglichen werden.

Durch das Projekt „Lärchenschutzwald Vinschgau“ standen bereits einige Daten, die den gesamten Lärchenschutzwald betreffen, zur Verfügung. Unter anderem wurden die Bestände, die im Zuge der Geländebegehung durch das Forstpersonal ausgeschieden wurden, nach deren Überschirmungsgrad charakterisiert. Insgesamt handelt es sich um eine Fläche von 7.190ha. Die Datengrundlage wurde um jene Gemeinden, die keinen Anteil am Vinschgauer Sonnenberg haben (Graun und Prad) reduziert. Übrig bleiben die Wälder in den Gemeinden Mals, Schlanders und Latsch mit einer Fläche von 5.746ha. Die Auswertung der Überschirmungsraten auf der Sonnenseite ergab folgende Einteilung (siehe Abbildung 40): Bei einem Areal von 1.155ha und damit 20% der Gesamtfläche, handelt es sich um äußerst lichte Wälder mit einer Überschirmung von nur 0-0,3. 39% der Fläche, das sind 2.246ha haben eine mittlere Überschirmung von 0,3-0,6 und immerhin 41% oder 2.343ha sind relativ geschlossene Bestände mit einer Überschirmung von 0,6-1.

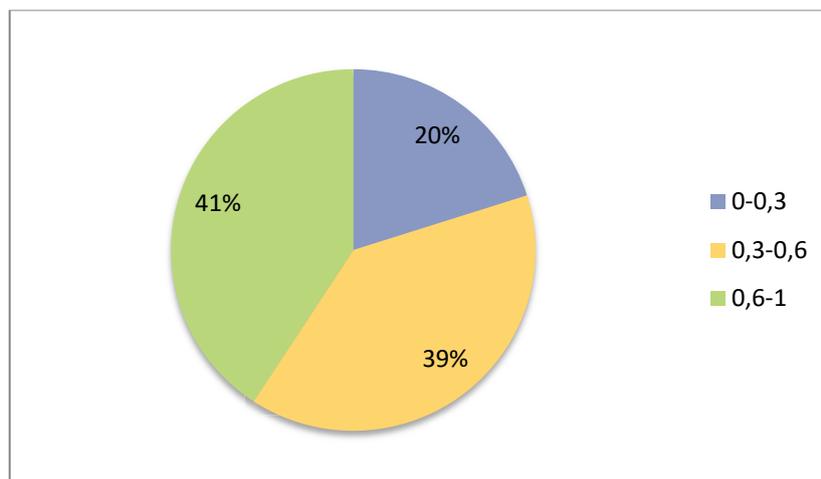


Abbildung 40: Anteile der Flächen mit unterschiedlicher Überschirmung

Da die obige Variante zur Ermittlung der Überschirmungsanteile für über 5700ha gilt und deshalb nicht vorbehaltlos auf die voll aufgenommenen 22,4ha übertragen werden kann, wurde zur Überprüfung ein zweiter Ansatz angewandt.

Wie weiter oben beschrieben wurden die Verjüngungskerne entlang der Transekte erhoben, welche jeweils durch 40 Hemiviewaufnahmen aus den Satellitenstichproben charakterisiert sind. Die Auswertung der hemisphärischen Fotos ergab für jeden Kameraaufstellungspunkt die Gap-fractions in skymap sectors (Abbildung 41). Die Gap fraction ist der Anteil des sichtbaren Himmels, der durch eine Reihe von Zenit- und Azimuthwinkel definiert ist. Eine Gap-fraction von 0 bedeutet, dass der Himmel vollständig verdeckt ist, während 1 bedeutet, dass der Himmel vollständig sichtbar ist (RICH ET AL., 1999). Durch Mitteln der Gap-fractions, welche der Bodenbedeckung auf durch Zenith und Azimuth definierten Sektoren entsprechen, konnte der Wert für die gesamte Überschirmungssituation am jeweiligen Standort ermittelt werden.

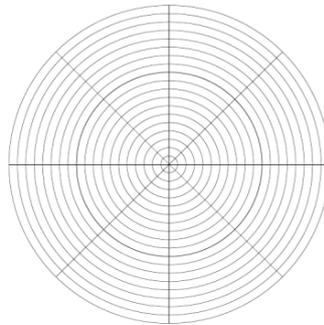


Abbildung 41: Gap-fraction in skymap sectors

Über alle Aufnahmen ergab sich eine Bandbreite der Gap-fraction-Werte von 0,068-0,747. Die Aufnahme mit der höchsten Gap-fraction (0,747) stammt von einer Freifläche, die keine Überschirmung durch einen Baum erfährt. Das bedeutet, dass 20-30% der vom Programm als „überschirmt“ erkannten Bereiche nur durch die Aufstellung der Kamera im geneigten Gelände bedingt ist und keine Bedeckung durch Vegetation voraussetzt. Nun wurde versucht eine mit den Überschirmungsanteilen 0-0,3, 0,3-0,6 und 0,6-1 vergleichbare Einteilung der gap-fractions zu erhalten. Dazu wurden die Bereiche folgendermaßen definiert: eine gap-fraction von 0-0,3 entspricht GSF-Werten von $>0,3$. Die Stufe 0,3-0,6 wurde mit GSF-Werten von 0,35-0,2 und 0,6-1 mit den GSF-Werten von $<0,2$ gleichgesetzt.

Tabelle 5: Durch Auswertung der hemisphärischen Fotos erhaltene Anteile der Überschirmungen in den einzelnen Transekten und Mittelwert über alle

Überschirmung			
Transekt	Gering (0-30%)	Mittel (30-60%)	Viel (60-100%)
1	5%	35%	60%
2	25%	45%	30%
3	35%	60%	5%
4	60%	33%	8%
5	30%	35%	35%
6	3%	33%	65%
7	0%	23%	78%
8	55%	15%	30%
9	25%	25%	50%
10	0%	60%	40%
11	35%	28%	38%
12	40%	40%	20%
13	5%	18%	78%
Mittelwert	24%	34%	41%

Tabelle 5 zeigt das Ergebnis der Anteilsberechnung der Überschirmung mittels der hemisphärischen Aufnahmen. Der Mittelwert über alle Transekte deckt sich ausgesprochen gut mit dem Mittelwert über die gesamte im Projekt „Lärchenschutzwald Vinschgau“ erhobene Waldfläche (Abbildung 40). Auf den einzelnen Transekten können die Anteile stark variieren. Nachfolgende Berechnungen wurden mit den Werten aus Tabelle 5 angestellt.

6.3.3. Einfluss der Überschirmung auf die Anzahl vorkommender Verjüngungskerne

Die aufgestellte Hypothese lautet, dass die Lärche - als ausgesprochene Lichtbaumart - sich besser auf wenig überschilderten bzw. beschatteten Standorten verjüngen kann.

Unter der Voraussetzung, dass jeder Überschildungsgrad zu gleich großen Teilen auf der Fläche vertreten ist (je 1/3), zeigt sich, dass geringe Überschildungen die Verjüngungsgunst für die Lärche eindeutig fördern (Abbildung 42). Der Großteil der Transekte brächte bei gleicher Verteilung der Überschildungsgrade auf 0-0,3 bedeckten Flächen 70-90% der gesamten Verjüngung auf. Das heißt bei lichtem Altbestand kommt im Mittel acht Mal so

viel Verjüngung auf, als in dichten Beständen. Weniger als 10% würden in geschlossenen Beständen aufkommen.

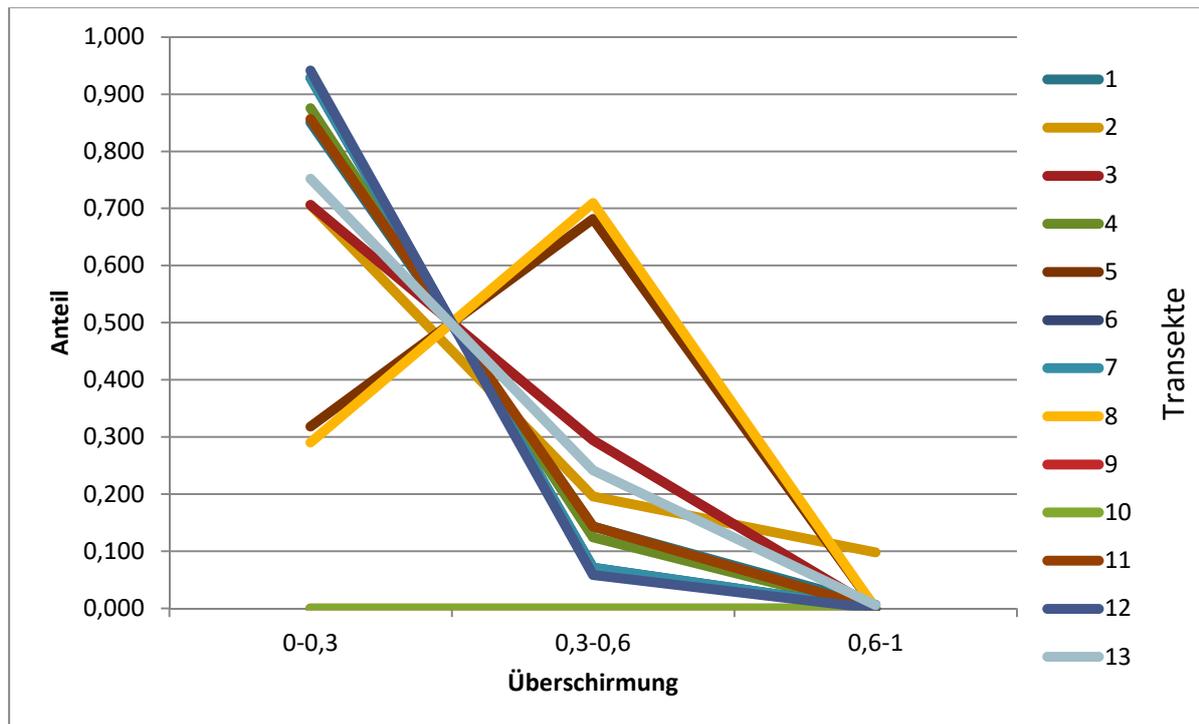


Abbildung 42: Anteil der aufkommenden Verjüngung bei unterschiedlicher Überschirmung

Auf zwei der 13 Transekte kam bei mittlerer Überschirmung relativ mehr Verjüngung an als auf lückigen Beständen, darum der auffallende Peak. Bei diesen beiden Transekten handelt es sich jeweils um intensiv beweidete Flächen. Entlang eines Transekts kam kein einziger Verjüngungskern auf, sodass auch die fortführende Berechnung keine von Null abweichenden Ergebnisse brachte.

6.3.4. Günstige Standorte zur Etablierung von Verjüngung

Weiters wurde die Anzahl aufkommender Verjüngungskerne auf verschiedenen Ausgangsstandorten analysiert. Abbildung 43 gibt einen Überblick über die gefundenen Verjüngungskerne auf der gesamten Vollaufnahmefläche von 22,4ha. Die meisten wurden auf unregelmäßigem Mikrorelief gefunden. Insgesamt befanden sich 97, das sind 44% aller vorkommenden Verjüngungskerne auf Standorten, die von felsig blockiger Struktur oder sonstigen Unregelmäßigkeiten gekennzeichnet sind. Auch Moderholz wurde von der Lärche gerne zur Verjüngung angenommen. Dort stockten 59, also 27% aller Verjüngungskegel. Der Rohboden steht an dritter Stelle der verjüngungsgünstigsten Standorte. 40 (18%) waren auf Rohboden anzutreffen.

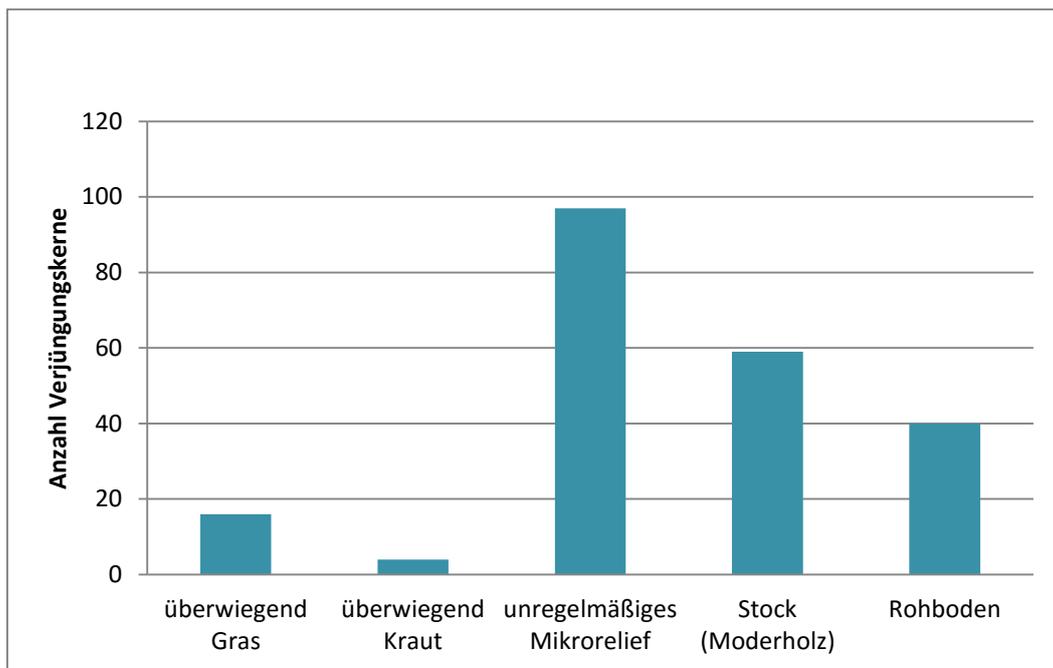


Abbildung 43: Überblick über die gezählten Verjüngungskerne unterschieden nach Standorten

Für die detailliertere Ermittlung der günstigsten Keimbedingungen wurden in erster Linie jene Bäume herangezogen, welche nicht höher als 30 cm sind. Bei diesen kann angenommen werden, dass der vorgefundene Zustand des Standortes auf dem sie stocken bereits zum Zeitpunkt ihrer Keimung geherrscht hat. Bei höherer, respektive älterer Verjüngung kann sich der Standort in der Zwischenzeit stark verändert haben. V.a. auf die Aspekte Rohboden, überwiegend Gras, überwiegend Kraut können sich Umwelteinflüsse (Zuwachs an Lichtgenuss durch gefällten/geworfenen Baum, kleinstflächige Freilegung von Rohboden aufgrund von Viehtritt usw.) rasch auswirken.

In der Klasse bis 30cm Höhe wurden 59 Verjüngungskerne gezählt, was einem Anteil von 27% der gesamten erhobenen Verjüngungskerne entspricht. Zum Vergleich werden auch die Daten der 30-130cm hohen Verjüngungskerne dargestellt.

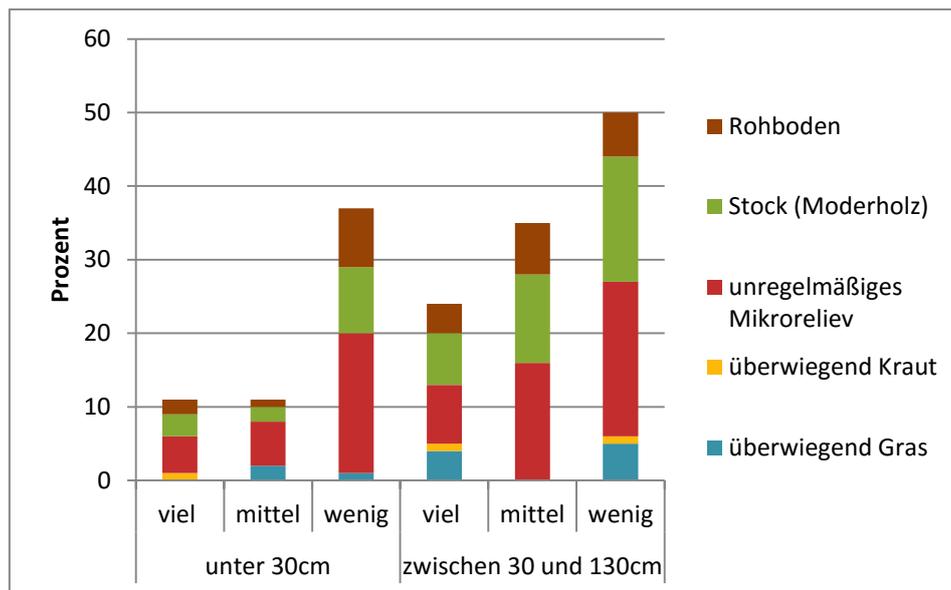


Abbildung 44: Anzahl gezählter Verjüngungskerne eingeteilt nach Standort, Höhe und Größe (N=216)

Betrachtet man zunächst den linken Teil der Abbildung 44, also jenen Teil, der die Klasse <30cm behandelt, fällt zu allererst auf, dass stammzahlarme Verjüngungskerne (zwischen 2 und 5 Individuen) drei bis vier Mal häufiger vorkommen als stammzahlreiche (>15 Bäume) oder jene mit mittlerer Stammzahl (5-10 Individuen). Beim Vergleich mit der Klasse „zwischen 30 und 130cm“ ist dieser Unterschied weniger gravierend. Es könnte sein, dass sich einige kleine, stammzahlarme Verjüngungskerne nicht durchsetzen konnten und den Sprung in diese Stufe nicht geschafft haben. Die Überlegenheit der Verjüngung auf unregelmäßigem Mikrorelief lässt sich nicht nur allgemein feststellen, sondern setzt sich auch in jeder Größenklasse (viel, mittel, wenig) sowie über diese beiden Altersstufen fort.

6.3.5. Einfluss der Weideintensität

Da die Verjüngungskerne entlang der Transekte erhoben wurden und sich deshalb ebenfalls innerhalb eines eindeutig abgegrenzten und einheitlichen Bestandes befinden, kann jeder Verjüngungskern einer bestimmten Weideintensität zugeordnet werden. In Abbildung 45 ist die Anzahl der Verjüngungskerne pro Hektar angegeben. Im ersten Moment mag kein erkennbarer Zusammenhang zwischen Weideintensität und Anzahl erkennbar sein, doch im Vergleich zu den Ergebnissen der Analyse des Weideeinflusses bei den Transekten, wird die Ähnlichkeit durchaus klar. Auch hier finden sich mit 12 bis 13 Verjüngungskernen pro Hektar die meisten Verjüngungskerne bei schwacher Weidebelastung.

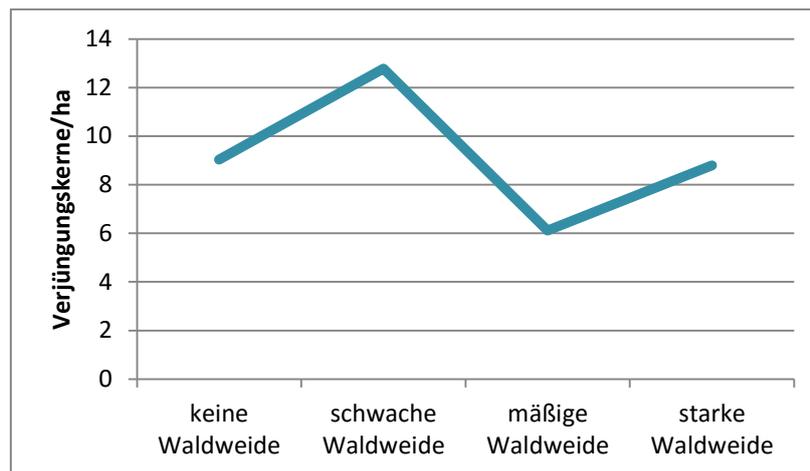


Abbildung 45: Verjüngungskerne pro Hektar in Abhängigkeit von der Intensität der Beweidung in den Beständen

Die Weide hat außerdem einen Einfluss auf die Größe der Verjüngungskerne, insofern, als die Stammzahl je Verjüngungskern mit steigender Weideintensität abnimmt. Je stärker die Weidebelastung, desto weniger Verjüngungskerne mit dem Attribut „viel“ also Stammzahlen von über 15 kommen vor. Umgekehrt treten bei keiner und v.a. bei geringer Waldweide nicht nur insgesamt mehr Verjüngungskerne, sondern auch mehr mit über 15 Individuen auf.

6.3.6. Größe und Höhe der Verjüngungskerne

Zur Analyse von Größe und Höhe der Verjüngungskerne wurde zunächst mittels einer Varianzanalyse die Abhängigkeit der verschiedenen Merkmale voneinander ermittelt.

Ungeachtet der Überschirmung hängen sowohl die durchschnittliche Größe als auch die mittlere Höhe der Verjüngungskerne mit statistischer Sicherheit nicht von den Wuchsbedingungen am Standort ab. Bezugnehmend auf die mittlere Sprosshöhe und die mittlere Stammzahl pro Verjüngungskern, gibt es also keinen Unterschied zwischen den angesprochenen Standorten überwiegend Gras, überwiegend Kraut, unregelmäßiges Mikorelief, Stock (Moderholz) und Rohboden.

Die Überschirmung übt allerdings einen statistisch eindeutigen Einfluss auf die Stammzahl aus. Je stärker überschirmt die Fläche ist, desto weniger stammzahlreich ist ein Verjüngungskern. Vor allem Bestände mit einer Überschirmungsstufe von 0,6-1 bringen signifikant kleinere Verjüngungskerne hervor, als jene mit Überschirmungen von 0-0,6.

7. Diskussion

7.1. Diskussion der Methodik

Diese Arbeit wurde auf Grundlage von drei verschiedenen methodischen Ansätzen verfasst.

Insgesamt wurden auf rund 5000ha gleichmäßig auf die Weideintensitäten verteilt 13 Transekte erhoben. Die Ermittlung der Weideintensitäten erfolgte auf Grundlage der von Förstern im Rahmen des Projektes „Lärchenschutzwald Vinschgau“ ermittelten Daten. Im Gelände zeigte sich, dass die Weideintensitäten auf kleineren Teilbereichen oft nicht ganz mit der vorher bestimmten Stufe zusammen passen. Für die Auswertung wurden dennoch die im Vorhinein bestimmten Klassen eingehalten. Ein weiterer diskussionswürdiger Faktor ist, dass für die Bestimmung der GVE/ha, im Zuge derer auf die Weideintensität geschlossen wurde, die Bestoßung von Schafen und Ziegen, die teilweise in den Notizen festgehalten wurden, in gleicher Form bewertet wurde, wie das Rindvieh. Es wurde lediglich der Faktor von 0,6 für Rinder zu 0,15 für Schafe und Ziegen geändert. OTT ET AL. (1997) und GOTSCH ET AL. (2002) aber behaupten, dass die Ziegen durch ihr selektives artspezifisches Fressverhalten relativ zu ihrem Beitrag zur Besatzstärke mit nur 0,15GVE pro Tier überproportional viele Schäden produzieren. In diesem Sinne wären die Ziegen gesondert zu bewerten gewesen.

Die Vergleichsflächen ergaben die eindeutigsten Ergebnisse. Es ist jedoch anzumerken, dass die Zäune teilweise für ein oder mehrere Jahre beschädigt waren und deshalb die Wild- und Weideviehdichtheit für die Jahre von 2007 bis 2014 nicht hundertprozentig garantiert werden kann. Es könnte sein, dass die Ergebnisse aufgrund dessen etwas weniger eindeutig sind. Ebenfalls anzumerken ist, dass bei der Durchführung der Bodenverwundung nicht immer genau darauf geachtet wurde, dass das abgezogene Material außerhalb beider Vergleichsflächen deponiert wurde.

Die Zählung und Klassifizierung der vorhandenen Verjüngungskerne erfolgte entsprechend einer relativ umfangreichen Aufnahmemaske. Dementsprechend aufwändig gestaltete sich die Auswertung. Verhältnismäßige Aussagen konnten nur bei der Überschilderung getroffen werden, da durch die hemisphärischen Fotos eine relativ genaue Aufteilung der verschiedenen Überschilderungsklassen über die Fläche gegeben war. Hinsichtlich der anderen Standortverhältnisse (überwiegend Kraut, überwiegend Gras, unregelmäßiges Mikrorelief, Stock/Moderholz und Rohboden) konnten nur die absoluten Zahlen einer Auswertung zugeführt werden, da die Anteile dieser Standorte auf der gesamten Fläche nicht aufgenommen wurden und sich auch nicht rekonstruieren lassen.

Aufgrund dieser Tatsachen mögen manche Ergebnisse und Schlüsse also kritisch hinterfragt werden. Auf die im Eingang formulierten Fragestellungen lassen sich trotzdem einige interessante und aussagekräftige Schlüsse ziehen.

7.2. Diskussion der Ergebnisse

7.2.1. Aktueller Zustand, Art und Ausmaß der Verjüngung am Vinschgauer Sonnenberg

Ziel der Arbeit war es unter anderem eine Grundlage zur Bestimmung waldbaulicher Maßnahmen zur Verjüngungseinleitung und –sicherung zu bieten. Dazu war es in erster Linie notwendig über den aktuellen Zustand, die Art und das Ausmaß der vorhandenen Naturverjüngung in den montanen Lärchenwäldern Bescheid zu wissen.

7.2.1.1. Stammzahlreichtum

Damit die Schutzfunktion des Waldes langfristig sichergestellt werden kann, ist eine vitale Verjüngung unerlässlich. Das bedeutet, dass auch bei Außerachtlassen der äußeren Einflussfaktoren, eine Mindestanzahl an Stämmen in der Verjüngung vorhanden sein muss. Im Rahmen der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) wird für eine gesicherte Verjüngung in Lärchenwäldern eine Mindestpflanzenzahl von 1500 Bäumchen/ha mit einer durchschnittlichen Höhe von 1,3m vorausgesetzt (BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, 2015).

Ohne künstliche, verjüngungsbegünstigende Maßnahmen kommt auf den erhobenen Flächen im Vinschgau eher wenig Verjüngung auf (Abbildung 15, S. 40). Basierend auf den Erhebungen der Transekte sinkt die Stammzahl vor allem mit steigendem Alter sehr stark. Durchschnittlich sind rund 8000 Individuen unter 3 Jahren vorhanden. Davon erreichen aber nur mehr rund 90 Bäumchen Höhen von über 30cm (siehe auch Abbildung 16, Seite 41).

Bei den Verjüngungskernen hingegen, ist es genau umgekehrt dort ergeben die Erhebungen für die Kategorie „unter 30cm“ lediglich eine Stammzahl von rund 1100 pro Hektar, während die Kategorie „über 30cm“ Stammzahlen von über 3700 wiedergibt. Dieser Verlauf spricht eigentlich nicht für die typische umgekehrt-J-förmige Verteilung der Naturverjüngung. Eine Erklärung kann evtl. mit der periodisch vorkommenden Massenfruktifikation der Lärche gegeben werden. MAYER (1984a) gibt für die Lärche nur eine Vollmast pro Jahrzehnt an. Auch Teilmasten mit 10-40% der Samenleistung von Vollmasten kommen nur 3 Mal pro Jahrzehnt vor. Je höher die Lage, desto seltener geht MAYER (1984a) von einer Vollmast aus (alle 10-20

oder sogar nur alle 30 Jahre). Trifft man die durchaus realistische Annahme, dass die Lärchenkeimlinge ca. 8-10 Jahre brauchen, um in die Klasse 30-130cm einzuwachsen, so kann davon ausgegangen werden, dass vor ca. 10 Jahren die letzte Vollmast der Lärche eingetreten ist und zum heutigen Zeitpunkt deshalb überdurchschnittlich viele Individuen Höhen von 30-130cm aufweisen.

Der Effekt der Massenfruktifikation kann durch das bei der Zählung der Verjüngungskerne angewandte Verfahren untermauert werden. Bei der kleinsten Kategorie darf evtl. der Stichprobenerhebung mehr Glauben geschenkt werden, während man sich bei größeren Individuen eher auf die Ergebnisse der Zählung der Verjüngungskerne verlassen kann. Seltener auftretende größere Individuen können bei der Stichprobenerhebung zufällig nicht in die Stichprobe fallen, während bei der Vollaufnahme möglicherweise nicht jeder Verjüngungskern, der der Kategorie unter 30cm zuzurechnen wäre, gesehen wurde (siehe auch Kapitel 7.2.2.6).

7.2.1.2. Fruchtbarkeit der Samen

Im Sommer 2007 wurden im Rahmen der Erhebungen für die Verjüngungsfreudigkeit der montanen Lärchenwälder auch Samenproben von fünf Lärchen zur Beurteilung der Keimfähigkeit bzw. etwaiger Schädigungen des Saatgutes, genommen.

Das Saatgut wurde von Mitarbeitern des Institutes für Waldbau unter der Leitung von Prof. Raphael Klumpp untersucht. Zunächst wurden die Zapfen bei Zimmertemperatur gelagert, getrocknet und ausgeklopft. Tabelle 6 zeigt, welche Bäume wie viele Samen hervorgebracht haben und wie das Tausendkorngewicht variiert. Es waren nur sehr wenige Samen beschädigt. Diese Schäden sind meist auf Insektenfraß zurückzuführen, oder sind unklaren Ursprungs. Das Tausendkorngewicht der ungereinigten Proben, also jener, bei denen auch der Hohlkornanteil dabei ist, schwankt zwischen 5,2 und 7,4g und liegt somit durchschnittlich bei 5,9g und damit im Erwartungsbereich von ca. 6g für gereinigtes Saatgut.

Tabelle 6: Zapfen und Saatgut (verändert nach KLUMPP, 2007)

Baum Nr.	Anzahl Zapfen	Anzahl Samen	Beschädigte Samen	1000-Korn-Gewicht	Schäden
1	16	104	6	5,75	Insekten
2	17	197	2	5,19	Unklar
3	22	296	Wenige	5,35	Insekten
4	16	397	Wenige	7,38	Insekten
5	15	236	wenige	6,05	Insekten

Einige Samen wurden einer weiteren Untersuchung unterzogen. Mittels Schnittprobe wurde der Vollkornanteil ermittelt. Im Mittel ergab sich ein Anteil an voll entwickelten Samen von 48% (Tabelle 7).

Tabelle 7: Saatgutanalyse: Schnittprobe (verändert nach KLUMPP, 2007)

Baum Nr.	Anzahl Samen	Voll entwickelt		Leer		Pilzbefall
1	10	4	40%	6	60%	--
2	20	10	50%	10	50%	--
3	30	13	43%	17	57%	--
4	40	22	55%	18	45%	--
5	23	12	52%	11	48%	--
Mittel			48%		52%	

Im Versuchsgarten wurde außerdem ein Keimversuch durchgeführt. Dazu wurden die verbleibenden Samen, also jene, die nicht der Schnittprobe unterzogen wurden im Folientunnel ausgesät und deren Keimverhalten überprüft. Durchschnittlich 17,8% der Samen sind gekeimt (Tabelle 8). Handelsübliches, kommerziell gereinigtes und aufbereitetes Saatgut lässt ein Keimprozent von 70% erwarten.

Tabelle 8: Saatgutanalyse: Keimung im Folientunnel im Topf (verändert nach KLUMPP, 2007)

Baum Nr.	Anzahl Samen	Keimlinge	Keimprozent
1	94	19	20,2%
2	177	15	8,5%
3	266	41	15,4%
4	375	108	30,3%
5	213	31	14,6%
Mittel			17,8%

KLUMPP (2007) gibt an, dass sich trotz der kleinen Stichprobe von fünf Bäumen eine weitgehend durchschnittliche Fruktifikation des Bestandes widerspiegelt. Der Hohlkornanteil von 52% ist relativ hoch, aber nicht vollständig auf Insektenfraß zurückzuführen. Viel mehr spielt auch die erhöhte Selbstbefruchtung eine Rolle. Trockenheitsschäden konnten allerdings nicht diagnostiziert werden, denn in einem solchen Fall wäre das Keimprozent aufgrund eines höheren Hohlkornanteils viel niedriger.

Die Keimuntersuchungen von bei Zimmertemperatur geklengten und ungereinigten Saatgutes ergeben grundsätzlich deutlich geringere Keimprozente (5-40%) als kommerziell aufbereitetes Saatgut.

In dem vorliegenden Fall ist von einer Sprengmast auszugehen, das heißt, dass nur eine geringe Anzahl an Bäumen fruktifiziert hat, denn bei einer Vollmast, wäre von einem wesentlich höheren Keimprozent auszugehen.

STERN (1972) gibt zu bedenken, dass bereits ab dem ersten Jahr nach der Fruktifizierung bzw. nach der Saat die natürliche Ausdünnung der Keimlingsteppiche beginnt. Dieser Effekt schwächt sich mit jedem Jahr etwas ab, bleibt aber bis ca. zum zehnten Lebensjahr der Bäume erhalten. Nach zehn Jahren bleiben nur mehr zwischen 2 und 6% der ausgebrachten Samen im Bestand übrig, was natürlich bei eher geringen Keimprozenten bis zur vollständigen Auflösung der Verjüngung nach bereits 10 Jahren führen kann.

Die oben erwähnten Keimlinge wurden im Jahr 2008 vertopft und konnten im Jahr 2009 gepflanzt werden. Insgesamt wurden neun Lärchen gepflanzt, alle innerhalb der Vergleichsflächen, wobei sechs innerhalb und drei außerhalb des Zaunes gepflanzt wurden. Eine der drei Lärchen die außerhalb des Zaunes standen war zum Aufnahmezeitpunkt vermutlich schon seit längerer Zeit abgestorben. Deshalb konnte die Ursache nicht mehr unmittelbar festgestellt werden. Drei weitere – alle innerhalb des Zauns – waren umgefallen bzw. sind nach dem Ausbringen nicht richtig angewachsen. Die restlichen fünf entwickeln sich ziemlich gut und wiesen im Sommer 2014 Höhen zwischen 40 und 95cm auf. Das ergibt ein durchschnittliches Höhenwachstum von jährlich ungefähr 5 bis 6cm.

7.2.1.3. Baumartenverteilung

Stabilität braucht Diversität. Diesem Motto folgend, wird vermehrt auf die gute Durchmischung unterschiedlicher Baumarten innerhalb eines Waldgebietes geachtet.

Vor allem im Schutzwald stellt eine ausreichende Baumartenmischung eine Art der Absicherung gegen verschiedenste biotische und abiotische Schadfaktoren dar. Beispielsweise fördert eine einzelbaumweise Mischung eine gute Durchwurzelung diverser Bodenschichten und verhindert dadurch Erosionen (FÖLSTER ET AL., 1991). Selbstverständlich soll dabei die natürliche Baumartenvielfalt ausgenutzt bzw. gefördert werden.

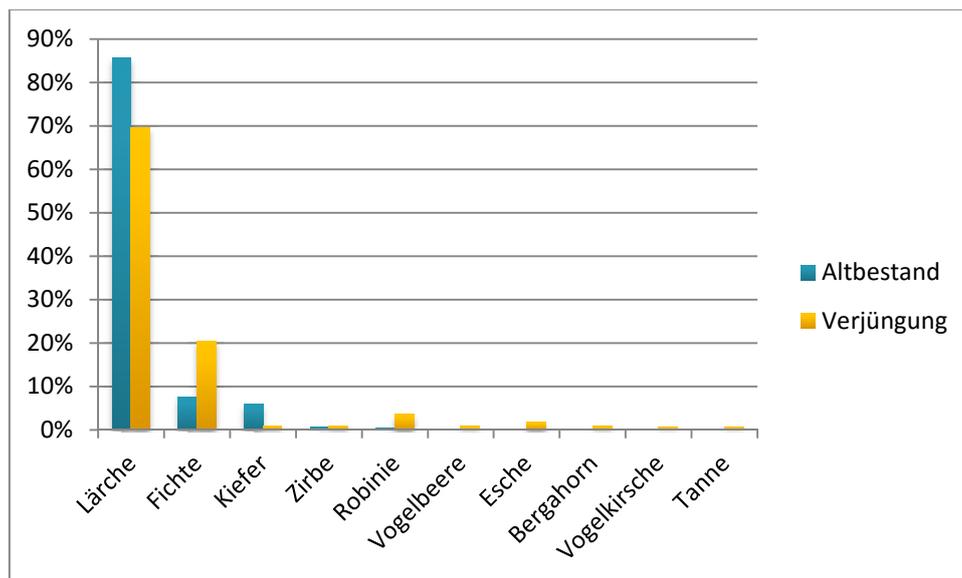


Abbildung 46: Baumartenverteilung im Schirm und in der Verjüngung

Der Sonnenberg ist nicht nur hinsichtlich der Bodenvegetation eine besonders artenreiche Gegend, sondern auch die Mannigfaltigkeit an Baumarten ist recht groß. So sind beispielsweise neben der Lärche mit Fichte, Zirbe, Bergahorn, Vogelbeere, Schwarzkiefer, Weißkiefer, Esche, Tanne und Robinie neun weitere Baumarten in der Verjüngung vorzufinden (Abbildung 46). Die Lärche dominiert mit ca. 70% der Verjüngung doch deutlich. Noch ausgeprägter ist der Überhang der Lärche im Altbestand. Über 85% des Altholzes ist Lärche. Esche, Bergahorn, Vogelkirsche und Tanne kommen im Altbestand überhaupt nicht vor, was auf einen Einflug bzw. zoochoren Eintrag der Samen von weiter entfernten Standorten hinweist.

Die Wildsituation hat sich laut BROLL UND PIRCHER (2013) in den letzten beiden Jahrzehnten weiter verschärft. V.a. im Haupttal und an dessen Flanken, also ebenfalls dem Sonnenberg, ist der Anteil an Flächen mit offensichtlichen, untragbaren Wildschäden deutlich angestiegen. Trotz der Tatsache, dass nicht jeder verbissene Baum auch einen Schaden für den Wald bedeutet, ist die fortschreitende Entmischung durch selektiven Verbiss, v.a. durch Verbiss des Laubholzes, doch offensichtlich. Zwar ist zahlenmäßig in der Verjüngung mehr Laubholz als im Schirm vorhanden, allerdings sinkt der Laubholzanteil mit steigendem Alter drastisch. Lediglich die Robinie hält sich in größerer Anzahl auch in den älteren Kategorien.

7.2.1.4. Wurzelhalsdurchmesser

Der Wurzelhalsdurchmesser ist ein bei Forstpflanzen besonders häufig angewandtes Qualitäts- und Vitalitätsmerkmal. V.a. in Baumschulen wird darauf geachtet große

Stufigkeiten, d.h. relativ zur Pflanzenhöhe große Wurzelhalsdurchmesser zu erreichen. Stufige Bäume gelten als besonders „kräftig“. Außerdem lassen sich mit Hilfe des Wurzelhalsdurchmessers präzise Aussagen zum Wurzelvolumen geben. Generell gilt, dass das Wurzelsystem umso größer ist, je stärker der Wurzelhals einer Pflanze ausgeprägt ist. Nicht zuletzt garantiert ein starkes Wurzelsystem den Anwuchserfolg, die gute Verankerung im Boden und die leichtere Überdauerung von kurzzeitigen Mangelsituationen (KÖRNER ET AL., 2012, STIMM ET AL., o.J.).

Ohne Zaun sind die H/WHD-Werte wesentlich niedriger, was bedeutet, dass der WHD im Verhältnis zur Höhe relativ groß ist und laut (KÖRNER ET AL., 2012) eine starke Stufigkeit und Vitalität angenommen werden kann. Innerhalb des Zauns sind die Bäume demnach relativ hoch und schlank, was bei der Lärche aber v.a. darauf zurückzuführen sein kann, dass sie durch ihren Pioniercharakter in der Jugend ein großes Höhenwachstum aufweist. Außerdem ist die Konkurrenz durch Gras und krautige Vegetation innerhalb des Zauns höher, was die Lärche ebenfalls dazu veranlasst mehr Ressourcen in das Höhenwachstum als in das Durchmesserwachstum zu investieren.

7.2.2. Standortverhältnisse der Lärchenverjüngungsflächen

Die Lärchenvorkommen in den Ostalpen sind vorwiegend an bestimmte Standortverhältnisse gebunden. So gut wie alle ausgedehnten lärchendominierten Wälder befinden sich in Längstälern mit Ost-Westlicher Erstreckung, welche durch hohe, die ozeanischen Luftmassen abschottende Gebirgszüge begrenzt sind. Vergleichbar mit dem Vinschgauer Haupttal sind etwa das Engadin in der Schweiz, das Oberinntal in Nordtirol oder das Lungau in Salzburg. Jedes dieser Täler ist nur nach Osten geöffnet und im Westen durch hohe Gebirge geschlossen. Nordwestliche Strömungen werden also größtenteils abgehalten. Verdeutlicht wird diese Präferenz von Längstälern, wenn man nach Nordwesten geöffnete Täler wie z.B. das Klostertal und das Salzachtal betrachtet. Sie werden von der Lärche zum größten Teil gemieden (TSCHERMAK, 1935).

AUER (1947) und MAYER UND OTT (1991) geben an, dass die Lärche ihr Verjüngungsoptimum mit zunehmender Höhenlage und zunehmender Lückengröße zum Zweck höheren Lichtgenusses findet. Außerdem soll die Konkurrenz durch Bodenvegetation möglichst gering sein und vorwiegend durch eine niedrigwüchsige Kraut- und Moosschicht charakterisiert sein. Weiters soll der Boden ausgeglichen frisch sein und fleckenweise anstehenden Rohboden bzw. nicht geschlossene dünne oder fehlende Humusaufgaben aufweisen.

Hinsichtlich des Grundgesteins ist die Lärche eine wenig anspruchsvolle Baumart und gedeiht auf allen möglichen Verwitterungsböden verschiedenster Gesteinsgruppen. Die Gesteinsunterlage lässt weder über die Häufigkeit des Vorkommens noch über die Grenzen der Verbreitung verlässliche Aussagen zu (TSCHERMAK, 1935).

7.2.2.1. Boden

Die Lärche ist innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes auf mittel- bis tiefgründigen, lockeren Lehm- und sandigen Lehmböden vorzufinden. In niederschlagsreichen Gebieten, meidet sie allerdings lehmige Böden, da sie zu stark Wasser halten, was für die hinsichtlich Bodenfeuchte relativ empfindliche Baumart eher negativ ist. Auf seichtgründigen Standorten sterben viele Bestandesmitglieder rasch ab, sodass dort nur sehr locker bestockte Bestände ein höheres Alter erreichen. Die Bodengründigkeit im Untersuchungsgebiet war an den untersuchten Standorten mittel bis tiefgründig, weshalb die Gründigkeit im Lärchenschutzwald des Vinschgaus keinen Hemmfaktor für die Naturverjüngung darstellt.

Durch den hohen Sauerstoffbedarf der Lärchenwurzeln, und der damit zusammenhängenden Empfindlichkeit der Lärchenkeimlinge gegenüber Bodennässe, kann man davon ausgehen, dass die Bodenverdichtung z.B. durch Viehtritt die Anwuchserfolge ebenfalls beeinträchtigt (TSCHERMAK, 1935). Nicht nur Bodennässe sondern auch austrocknende Böden begrenzen die optimalen Keimbedingungen für die Lärche. WOLFSLEHNER ET AL. (2012) erklären, dass bei der Lärche v.a. im Fall der prognostizierten Klimaerwärmung in niederschlagsärmeren Regionen mit einem höheren Risiko von Trockenstress und sekundären Schädigungen (z.B. Schütte) zu rechnen ist.

7.2.2.2. Exposition

Die Exposition bestimmt maßgebend das Strahlungs- und damit auch das Feuchtigkeits- und Temperaturregime auf einer Fläche. Wie oben beschrieben, kommt die Lärche auf sehr trockenen Böden kaum vor, bzw. ist ihr Wachstum dort schlecht. Wenn nach Süden ausgerichtete Hänge eines Tales anfällig gegenüber Austrocknung sind, so werden bevorzugt Nordhänge besiedelt. Dies gilt aber v.a. für Kalk- und Dolomitgrund, sowie für föhnexponierte Südhänge. CIESLAR (1904) (in TSCHERMAK, 1935) gibt beispielsweise an, dass der Anteil der Lärche auf Südhängen am geringsten und auf Nordhängen am höchsten ist. Südlich des Alpenhauptkammes ohne Föhneinfluss, ist die Lärche besonders ab 1600m Höhe oft die vorherrschende Baumart (TSCHERMAK, 1935).

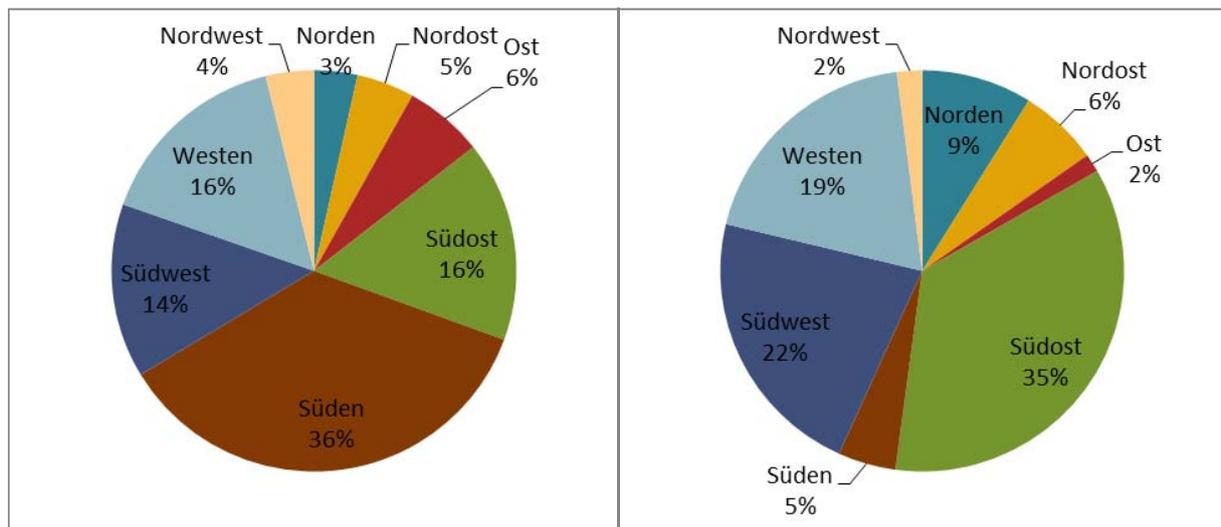


Abbildung 47: links: Prozentanteile der Expositionen an den Probeflächen im Erhebungsgebiet; rechts: Prozentanteile der gesamten Verjüngung an unterschiedlich exponierten Standorten (N=508).

Der Vinschgauer Sonnenberg besteht zum großen Teil aus südlich (36%), südöstlich (16%) und südwestlich (14%) exponierten Hängen (Abbildung 47). Hinsichtlich des Verjüngungsaufkommens sind eindeutig die südostexponierten Flächen begünstigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Morgensonne gegenüber der Mittags- und Abendsonne bevorzugt wird (Abbildung 18, Seite 43)

Entsprechend den obigen Ausführungen und nach den Aussagen der durchgeführten Analysen, meidet die Lärchenverjüngung aufgrund der starken Austrocknung zum großen Teil die genau nach Süden ausgerichteten Hänge (Abbildung 47, S. 77). Auch andere Arten meiden entsprechend ihrer ökologischen Amplituden hinsichtlich Strahlung-, Wärme- und Wasserhaushalt bestimmte Expositionen und bevorzugen andere. Die Esche wächst zum großen Teil auf südwestlich, die Robinie auf südlich und die Vogelbeere auf nördlich ausgerichteten Hängen auf. Ob die Exposition aber wirklich ein dermaßen starker Treiber der Verjüngungsentwicklung ist, ist damit nicht eindeutig bewiesen.

7.2.2.3. Strahlung

In der Literatur finden sich zahlreiche Nachweise für die Lichtbedürftigkeit der Lärche. Von fundamentaler Bedeutung für die Verjüngung, v.a. auf bestockten Flächen ist die Schattentoleranz bzw. das Lichtgenussminimum, welches von einer Baumart gefordert ist. Das Kriterium ist dabei die niedrigste relative Beleuchtungsstärke im inneren der Krone (WALTER UND STRAKA, 1970). MAYER (1984a) gibt für die europäische Lärche ein Minimum von 20% der Freiflächenstrahlung an. Dies lässt vermuten, dass auch bei vorliegender

Untersuchung festgestellt wird, dass die Lärche sich auf stärker besonnten oder weniger überschirmten Flächen besser und zahlreicher verjüngt. Wie in Kapitel 6.3.3 beschrieben, hat die Überschirmung einen signifikanten Einfluss auf das Ankommen der Verjüngung. Trotzdem ergab die Untersuchung der hemisphärischen Fotos am Vinschgauer Sonnenberg, dass die Art der Strahlung keinen signifikanten Einfluss hat. Laut vorliegender Erhebung ist es unerheblich für die Verjüngungsanzahl, wie hoch der Anteil diffuser oder direkter Strahlung am Waldboden ist. Weder der Global Site Factor noch dessen Komponenten Indirect Site Factor und Direct Site Factor lieferten nämlich dahingehende Aussagen, im Gegenteil, die Werte schwankten sogar relativ stark. Man kann davon ausgehen, dass die großteils als Weidewälder genutzten Bestände ohnehin eher wenig überschirmt sind. Außerdem ist die ökologisch bedingte und baumartenspezifische Lichttransmission bei der Lärche verhältnismäßig hoch, was bei reinen Lärchenwäldern nicht zuletzt einen guten Teil ausmacht (ALBERT, 2004).

7.2.2.4. Wasserhaushalt

Ein weiterer durch die Exposition beeinflusster Parameter ist der Wasserhaushalt eines Standorts. Der Sommer 2014, in dem die Aufnahmen abgewickelt wurden, war relativ regenreich und feucht. Da die Bodenhydrologie aber ein Merkmal ist, welches den jahreszeitlichen Schwankungen in besonderer Weise ausgesetzt ist und stark von einzelnen Niederschlagsereignissen abhängt, muss versucht werden die nicht witterungsabhängigen Wasserverhältnisse anzusprechen (RUPRECHT UND VACIK, 2009)

Die Lärche bevorzugt binnenländische Wärmeverhältnisse aber trotzdem auch Gegenden mit ausreichendem Niederschlag. Die größte Verbreitung der Lärche findet sich in Lagen kontinentalen Klimas. Trotz des ausgedehnten Lärchenwaldgürtels im Vinschgau und der damit zusammenhängenden Annahme, dass die Lärche trockenere Gebiete vorzieht, ist Regenarmut kein eindeutiges Merkmal für größere zusammenhängende Lärchengebiete (TSCHERMAK, 1935). Denn so wie vernässte Standorte, können auch trockene und überhitzte Standorte die Ansamung und den Aufwuchs von Naturverjüngung erschweren bzw. unmöglich machen. An sonnigen Hängen in kontinentalen Gebieten ist Wassermangel ein häufig auftretendes Problem, denn während der Ansamungs- und Anwuchsphase ist Trockenstress für die Pflanzen lebensbedrohlich. Die Gefahr der Austrocknung herrscht v.a. auf dichten Nadelstreu- oder Humusaufgaben. Humose Substanzen werden deutlich schneller und stärker erwärmt als Mineralerde. Zudem ist v.a. Rohhumus, wenn er einmal ausgetrocknet ist, stark wasserabweisend, weshalb das Wasser bei geringen Niederschlägen gar nicht in den Boden sickern kann. Keimlinge in hochmontanen und subalpinen Lagen sind

nicht in der Lage sofort tiefere Bodenhorizonte zu erschließen, sodass sie der Gefahr der Vertrocknung bisweilen für mehrere Jahre ausgesetzt sind. Auch kurze Trockenperioden erhöhen das Risiko der Austrocknung. V.a. die Lärche reagiert sehr empfindlich auf Moder- und Rohhumusauflagen, da ihre Samenschale mit einer wasserabweisenden Wachsschicht überzogen ist, und der Samen deshalb nur sehr langsam quillt. Darum ist die Lärche zur Keimung auf länger andauernde Feuchtigkeit angewiesen. Auch AUER (1947) kommt im Rahmen seiner Arbeit zu dem Schluss, dass die Standorte, an denen die Lärche sich am besten verjüngt, durch lokal gesteigerte Feuchtigkeit und ausgeglicheneres Mikroklima ausgezeichnet sind (OTT ET AL., 1997).

Keimlinge wiederum sind gegen Feuchtigkeit empfindlich, da sie in feuchten Verhältnissen weniger schnell verholzen und so länger der Gefahr durch Pilzinfektionen ausgesetzt sind (OTT ET AL., 1997).

Auch die für diese Arbeit durchgeführten Aufnahmen bestätigen, dass die Lärche weder auf sehr trockenen, noch auf sehr feuchten Standorten vorzufinden ist (Abbildung 36 S.58).

Die Probeflächen kamen auf mäßig trockenen, mäßig frischen und frischen Standorten vor. Deutlich zu erkennen ist der Überhang an Verjüngung auf frischem Boden. Zum Vergleich sind in Abbildung 19 auf S 44 die Ergebnisse der Satellitenstichproben ersichtlich. Zum Unterschied zu den Probeflächen ist hier ausgesprochen viel Verjüngung der jüngsten Altersklasse auch auf den trockenen Standorten vorhanden. Dies könnte damit erklärt werden, dass bei den Probeflächen sehr viele Individuen gezählt werden konnten, die im Jahr der Aufnahme (einem überdurchschnittlich niederschlagsreichen Sommer) gekeimt haben. Deshalb haben viele Individuen noch keine Austrocknung des Bodens erfahren. Dementsprechend nimmt die Dichte mit steigendem Alter v.a. in den für die Lärche ungünstigen Wasserhaushaltsklassen drastisch ab. Signifikante Ergebnisse bringen jedoch erst die Clusterung und die Anhebung des Signifikanzniveaus.

7.2.2.5. Bodenbedeckung

In hochmontanen und subalpinen Lagen ist die Lärche eine primäre Pionierbaumart, welche auf Initialstandorten und dort abhängig vom Wettbewerbsverhalten der Schattenbaumarten, gedeiht (MAYER, 1984a). Lärchen sind meist unter den ersten Arten, die Katastrophenflächen, z.B. Lawenstriche, Windwurfflächen usw., besiedeln.

Schon MARTIN (1910) erkannte, dass der Anteil an begrünem Boden sich auf das Aufkommen der Verjüngung auswirkt. Laut ihm kann die Verjüngung weder bei völliger Abwesenheit einer Begrünung noch bei vollständiger Bedeckung durch Bodenpflanzen erfolgreich

gesichert werden. Auf den Vergleichsflächen am Vinschgauer Sonnenberg konnte ebenfalls ein deutlich erkennbarer Einfluss der Begrünung auf die Anzahl der Lärchenverjüngung festgestellt werden (Abbildung 35 auf S. 57).

AUER (1947) beschreibt, dass der Boden und die Vegetationsentwicklung in den ursprünglichen Zustand überführt werden sollen, um ein sicheres Aufkommen der Naturverjüngung zu gewährleisten.

Üppige, dicht geschlossene Vegetationsteppiche erschweren bzw. verhindern die Entwicklung der Verjüngung auf unterschiedlichste Weise. Einerseits können v.a. leichte und geflügelte Samen, welche bei Nadelbäumen häufig sind, im Vegetationsgeflecht hängen bleiben und erreichen gar nie die Bodenoberfläche. Andererseits können auch nach erfolgreicher Keimung die Licht- und Wurzelraumkonkurrenz das weitere Wachstum des Keimlings verhindern (OTT ET AL., 1997).

Da die Samen der Lärche konstante Feuchtigkeitsbedingungen zur Keimung benötigen, werden roher Mineralboden und Standorte mit ausgeglichenem Feuchtehaushalt bevorzugt besiedelt (OTT ET AL., 1997).

Zu dieser Erkenntnis gelangen auch die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen der Vergleichsflächen. Es zeigt sich, dass die Entfernung der humosen Auflagen bis auf die Mineralerde sowohl direkt Auswirkungen auf die Anzahl der Verjüngung hat, aber natürlicherweise auch auf die Entwicklung der Bodenvegetation und deren Zusammensetzung. Allgemein ist beeindruckend, dass rund 92% der gesamten in den Vergleichsflächen gezählten Verjüngung auf jenen Teilflächen vorkommt, welche im Jahr 2006 bzw. 2007 eine Bodenbearbeitung erfahren haben (Abbildung 33, S.56).

Damit ist einerseits die Wichtigkeit von Rohboden für die Lärchenetablierung erklärt, andererseits bewirkt die Bodenbearbeitung natürlich auch eine Reduzierung der Konkurrenzvegetation. Diese Reduzierung wirkt augenscheinlich nicht nur in den ersten Jahren nach der Abschürfung, sondern auch noch 7 bzw. 8 Jahre danach. Denn die Anteile von Gras und Kraut unterscheiden sich stark je nachdem ob sich die Vegetation erneut auf nacktem Mineralboden einstellen musste oder nicht. Auf initialen Standorten ist erstens der Begrünungsgrad wesentlich geringer und zweitens verschieben sich die Anteile von Kraut und Gras zu Gunsten von niederen krautigen Pflanzen, welche allgemein eine geringere Konkurrenz ausüben. V.a. auf stark beweideten Standorten, bleiben abgeschürfte Teilflächen außerhalb des Zauns durch den Viehtritt wesentlich länger frei von Bodenvegetation.

7.2.2.6. Waldweide

Laut OTT ET AL. (1997) schadet die Waldweide den Gebirgswäldern, da sie zu Humusschwund und Bodenverdichtung führt, Wurzel- und Fäulebefall fördert sowie Laubsträucher und Laubbaumarten vernichtet. V.a. die Schaf- und in besonderer Weise die Ziegenweide haben ähnliche Auswirkungen wie überhöhter Wilddruck. Rinderweide hingegen kann die Verjüngung auch begünstigen, da durch sie die Konkurrenzvegetation eingedämmt wird und stellenweise der Mineralboden freigelegt wird (OTT ET AL., 1997). Nadelbäume werden von Rindern verschmäht, sodass ausschließlich Laubholz verbissen wird. Dies hat zur Folge, dass das Ausmaß der Verbisschäden erheblich weniger vom Weidevieh verursacht wird, als vom Wild. Trittschäden sind bei der Waldweide jedoch ein ernstzunehmendes Problem. Nicht nur Bäume und deren Wurzelanläufe werden beschädigt, sondern auch die Qualität des Bodens leidet. Durch erhöhte Lagerungsdichten sinkt die Infiltrationsrate, was in trockenen Gebieten eine zusätzliche Erschwernis für das Ankommen der Verjüngung darstellt (LISS, 1989, EL KATEB ET AL., 2009). Dennoch merkt OTT ET AL. (1997) an, dass nachhaltig bewirtschaftete Weidewälder das Landschaftsbild und evtl. die Artenvielfalt bereichern können. In Schutzwäldern ist Waldweide laut OTT ET AL. (1997) und EL KATEB ET AL. (2009) absolut nicht tolerierbar und vertretbar und deshalb eine Begrenzung der Weiderechte unabdingbar. MAYER UND STÖCKLI (2004) sehen die Situation weniger dramatisch. Sie geben als wichtigste Voraussetzung für die Vereinbarkeit von Waldweide und Aufrechterhaltung der Schutzfunktion eines Waldes die Tierbesatzstärke und die Tierart an. Auch Zahlreiche weitere Studien ergaben dieses Bild (LISS, 1989, MAYER ET AL., 2004, EL KATEB ET AL., 2009). Sie beschreiben, dass die Rinderweide nur einen sehr geringen Beitrag zum Ausbleiben der Verjüngung leistet. MAYER ET AL. (2004) sprechen davon, dass beweidete Wälder einerseits durch ihre über Jahrhunderte geprägte Bestandesstruktur, aber auch durch teilweises Freilegen des Mineralbodens durch Viehtritt Naturverjüngung begünstigen.

Um den Verbiss zu minimieren und die Regeneration des Waldes zu ermöglichen müssen Grenzwerte für den Tierbesatz aber unbedingt beachtet werden. Bei Ziegen empfiehlt sich die gänzliche Trennung von Wald und Weide.

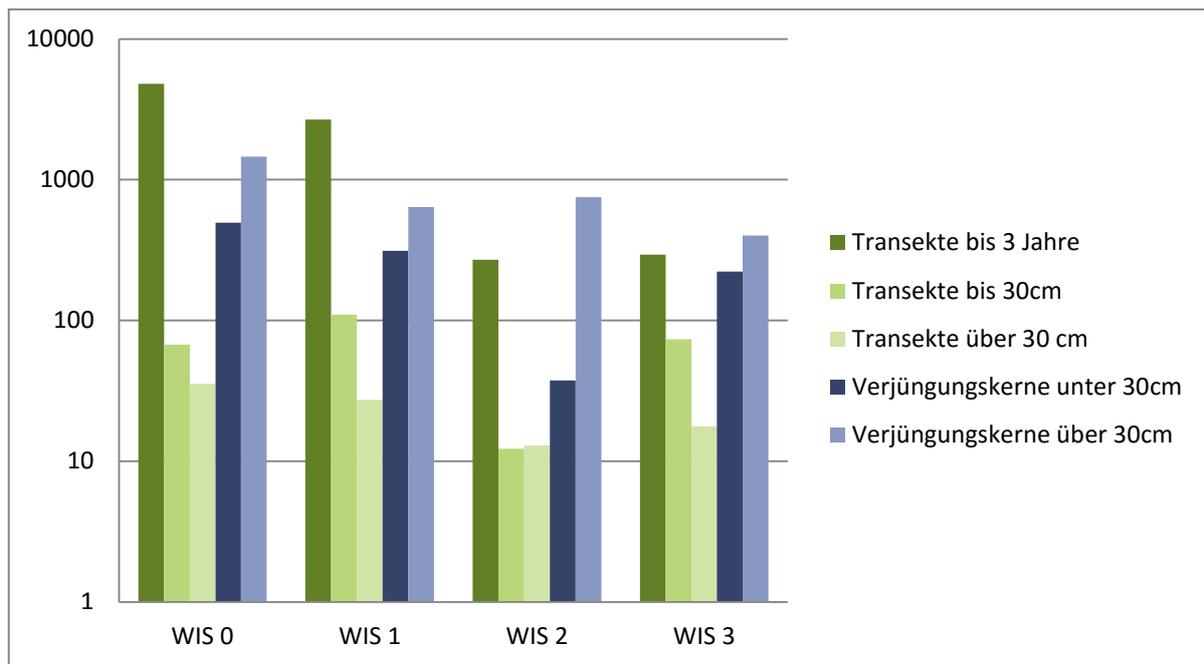


Abbildung 48: Einfluss der Weidebelastung auf die Anzahl der Verjüngung. Vergleich der Ergebnisse aus den Satellitenstichproben und der Erhebung der Verjüngungskerne

Abbildung 48 zeigt den Vergleich der Ergebnisse von der Aufnahme der Verjüngungskerne zur Aufnahme der Satellitenstichproben. Auch wenn die Ergebnisse aufgrund der altersweisen Aufnahmemethode nicht direkt verglichen werden können, lässt sich die oben angesprochene Problematik in Lärchenwäldern des Vinschgaus zeigen. Je stärker die Intensität der Beweidung bzw. die Bestoßungsdichte, desto stärker wird die Naturverjüngung reduziert. Basierend auf den Erhebungen der Satellitenstichproben, kommen auf unbeweideten Flächen durchschnittlich fast 5.000 Pflanzen je Hektar auf. Nach der Berechnung auf Grundlage der Verjüngungskerne kann man im Mittel nur von ca. 2.000 Individuen pro Hektar ohne Waldweide ausgehen. Die grünen Säulen bilden die Anzahl der Verjüngung die bei den Satellitenstichproben aufgenommen wurden ab. Es zeigt sich, dass die Anzahl mit steigendem Alter abnimmt. Auch der Einfluss der Weideintensität ist erkennbar. Andererseits lassen die blauen Säulen die Ergebnisse der Zählung der Verjüngungskerne erkennen. Auffällig ist, dass in jeder Weideintensitätsstufe mehr Verjüngungskerne in der älteren Altersklasse vorkamen. In der Stufe „Verjüngungskerne unter 30cm“ dürften die Individuen im Keimlingsalter teilweise fehlen. Die Angaben der „Verjüngungskerne über 30cm“ sind in jedem Fall wieder korrekt und zeigen, dass durch die Satellitenstichprobe v.a. in WIS 0 und WIS 1 Verjüngung zufällig ausgeschlossen wurde, obwohl sie eigentlich vorhanden wäre. V.a. in der Klasse der Individuen bis 3 Jahre ergibt sich bei den Transekten eine um den Faktor 16 höhere Stammzahl bei keiner Weide als auf

stark beweideten Flächen. Die Stammzahlen in den beiden höheren Altersklassen sind ohne Weide nur um den Faktor 1-2,5 höher als mit starker Weidebelastung. Bei den Verjüngungskernen ergibt sich in nicht beweideten Beständen eine um den Faktor 2,3-3,7 höhere Verjüngungsanzahl als bei starker Waldweide.

7.2.2.7. Schädigungen durch Wild oder Weide?

Häufig handelt es sich bei reinen Lärchenwäldern um stark besonnte Hänge, welche auch im Winter keine hohe oder durchgehende Schneedecke aufweisen. Deshalb dienen sie oft als Wintereinstände für das Schalenwild, sodass Verbiss häufig vorkommt. Da der Terminaltrieb der Lärche erst im Oktober verholzt, ist diese Baumart auch länger eine einfach zu verwertende Nahrungsquelle für das Wild. Aber Verbiss ist nicht die einzige Gefährdung die vom Wild ausgehen kann, denn junge Lärchen werden oft auch gefegt, verschlagen und geschält, sodass die Verjüngung, welche durch das langsame Wachstum oft nach 50 Jahren noch gefährdet ist, rasch zerstört werden kann (OTT ET AL., 1997). Vielerorts ist die Erziehung von Lärchenkulturen nicht ohne Zaun oder Einzelschutzmaßnahmen möglich (PELZ, 2002). Detailliertere Ergebnisse der Schädigungen an der Naturverjüngung werden weiter unten diskutiert.

V.a. die Schädigung der Verjüngung durch Verbiss ist relativ häufig. Verbissprozente müssen kritisch hinterfragt werden. Beim Verbissprozent werden nur vorhandene Pflanzen hinsichtlich ihres Verbisses bewertet. Wenn z.B. eine sehr hohe Wilddichte das Aufkommen der Naturverjüngung komplett verhindert, so wird diese Situation aufgrund des fehlenden Vorkommens von Verbisschäden einer völlig wildfreien Gegebenheit gleichgestellt (HESSENMÖLLER ET AL., 2014). Dennoch wurde für diese Arbeit das Verbissprozent ausgewertet.

Der Verbiss des Terminaltriebes, welcher bei den Satellitenstichproben erhoben wurde (rote Säulen), zeigt eine leichte Zunahme mit der Erhöhung der Weideintensität (Abbildung 49). V.a. die Fichte ist sehr stark vom Terminaltriebverbiss betroffen. Schon bei mittlerer Weidebelastung sind 100% der Terminaltriebe der Fichten durch Verbiss geschädigt. Bei starker Weideintensität ist die Fichte gar nicht mehr vorhanden. Auch der Terminaltriebverbiss der Lärche nimmt mit steigender Weidestärke leicht zu, bleibt aber bei stärkerer Beweidung unterhalb des Terminaltriebverbisses aller anderen Baumarten. Der übermäßig starke Verbiss der Fichte ist wahrscheinlich auf das Schalenwild zurückzuführen, da Weidevieh, falls vorhanden, krautige Pflanzen selektiert und kleine Baumindividuen nur zum Opfer fallen wenn sie in der Pflanzendecke versteckt liegen (REITBÖCK, 2003). Andererseits gilt es zu bedenken, dass bei stärkerer Beweidung die Konkurrenz des Weideviehs um die Äsung größer ist und deshalb auch eine Beeinträchtigung der Verjüngung

durch das Weidevieh nicht auszuschließen ist. Jede am Terminaltrieb verbissene Pflanze wies zusätzlich Schädigungen der Seitentriebe (blaue Säulen) auf, sodass letztendlich also eine deutliche Auswirkung der Weideintensität auf das Verbissprozent erkennbar ist.

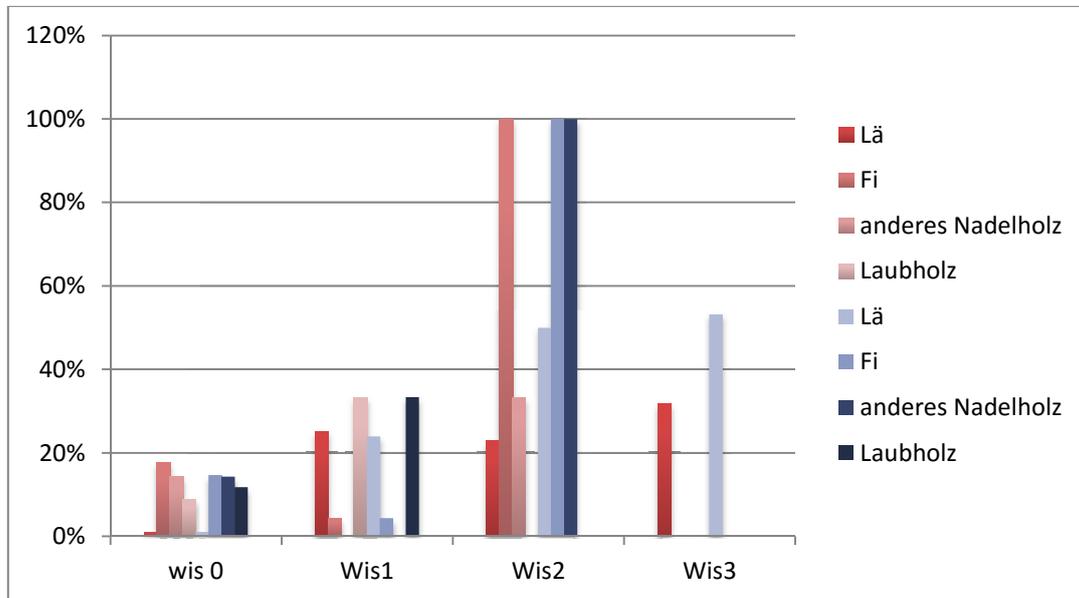


Abbildung 49: Prozentsatz der Individuen mit Terminaltrieb- und Seitentriebverbiss (N=508)

Fegeschäden sind auf der untersuchten Fläche vergleichsweise selten. Fegeschäden entstehen dann, wenn Schalenwild den vertrockneten Bast nach der Geweihbildung an Sträuchern und Bäumen verfestigt. Diese Schädigung entsteht aber auch während der Brunftzeit, durch Fegen und Schlagen mit dem Geweih an jungen Bäumen (RINESCH ET AL., 2001). Von dieser Art der Schädigung waren im Untersuchungsgebiet ausschließlich Lärchen betroffen, allerdings nur zu einem geringen Prozentsatz, was auf eine kurze Standzeit oder eine geringe Dichte hinweist. Während Verbisschäden Individuen aller Altersstufen betreffen, sind durch Fegen geschädigte Bäume typischerweise schon älter und haben bereits einen verhältnismäßig stabilen Stamm.

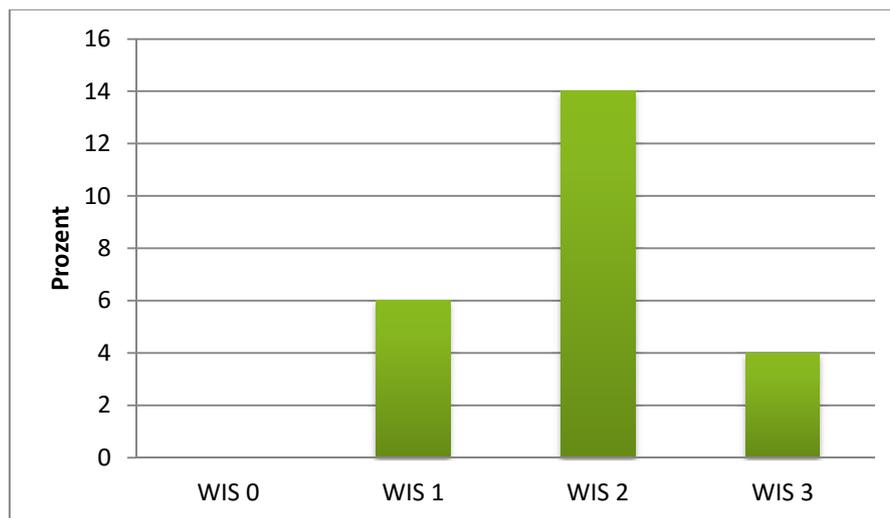


Abbildung 50: Fegeschadenprozent der über 30cm hohen Individuen am Vinschgauer Sonnenberg

Am Vinschgauer Sonnenberg wurden nur Lärchen und auch nur jene, die über 30cm hoch sind gefegt. Die Intensität der Schädigung korreliert nicht mit der Weideintensität, ist also mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließlich dem Wild zuzuschreiben. Die Prozentsätze sind mit 6%, 14% und 4% aber relativ gering (Abbildung 50). Dies ist v.a. darauf zurückzuführen, dass in den untersuchten Beständen nur sehr wenige Individuen Höhen von über 80-100cm erreichen. Erst ab dieser Höhe werden die Bäume aber gerne gefegt. Es wurde aber keine eigene Kategorie für Individuen dieser Höhe ausgeschieden, sondern sie fielen alle in die Klasse „über 30cm“, wobei innerhalb dieser Klasse jedoch die niederen Bäume im Vergleich zu den höheren überrepräsentiert sind. Im Hinblick auf die von BROLL UND PIRCHER (2013) beschriebene Untragbarkeit der Wildschäden, lässt sich so die festgestellte „geringe Fegebelastung“ am Vinschgauer Sonnenberg erklären.

7.2.3. Historische Bewirtschaftungsformen, die zur erfolgreichen Verjüngung geführt haben

Da sich der zu untersuchende Lärchenwaldgürtel in der Vergangenheit offensichtlich in ausreichendem Maß verjüngt hat, gilt es zu erörtern, welche Bedingungen früher zur erfolgreichen Etablierung und zum erfolgreichen Aufwachsen der Lärchen-Naturverjüngung geführt haben könnten.

Der Vinschgau ist von besonderen klimatischen Verhältnissen geprägt. Aufgrund der Unzugänglichkeit kam es früher häufig zu ausgedehnten natürlichen Störungen z.B. Waldbränden. Auch Windwürfe oder Kahlschläge führten dazu, dass sich die Lärche als Rohbodenpionier etablieren konnte (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

Außerdem wurde die Lärche durch menschliche Tätigkeit gefördert. Sobald die Gebiete oberhalb der Waldgrenze nicht mehr ausgereicht haben um den steigenden Flächenbedarf für das Weidevieh zu decken, wurde die Waldgrenze künstlich abgesenkt (WOPFNER, 1951). Die Brandrodung fand seit dem Sesshaftwerden des Menschen regelmäßigen Einsatz zur Schaffung von Weideflächen (MAYER, 1962, REISIGL, 1987, MAYER UND ERSCHBAMER, s.a.).

Beispielsweise vermutet AUER (1947), dass auch das heutzutage starke Vorkommen der Lärche im Oberengadin auf die Wirkung von Waldbränden zurückzuführen ist. Dennoch wird diese Nachwirkung in Zukunft zunehmend abklingen.

SCHERMER (1998) beschreibt den Vorgang der Brandrodung zur Schaffung von Lärchenwiesen: Zunächst wurden die Bäume mit Beilen „geschwendet“, das bedeutet, dass die Rinde rund um den Stamm geschält wurde und die Bäume somit zum Absterben gebracht worden sind, sodass man sie nachher leichter zu Fall bringen konnte. Anschließend konnte die Fläche abgebrannt werden („Reuthung“). Die Asche bildete eine gute Nährstoffgrundlage für die einfallenden Lärchensamen. Außer der Lärche hielt sich noch die Birke, welche durch Stockausschläge bald nach der Brandrodung wieder austreiben konnte.

Ein weiterer vermeintlicher Grund für die starke Begünstigung der Lärche ist, dass die bäuerliche Bevölkerung versucht hat, so viel Ertrag wie möglich auf einer Fläche zu erwirtschaften. Die Wälder dienten also mehreren Zwecken. Nicht nur die Holzernte und die Weidebewirtschaftung, sondern auch Streugewinnung sind bekannt. Weniger bekannt ist die Tatsache, dass die Menschen den Waldboden auch als Ackerfläche zur Kultivierung von Getreide usw. verwendet haben. Die jährlichen Fruchtwechsel, bzw. das jährliche Verlegen der Äcker führten dazu, dass jedes Jahr frisch umgepflügte Böden brachgelegt wurden und so für die Lärche die optimalen Keimbedingungen entstanden (BRAUN, 2012, AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2015).

Durch die starke menschliche Beeinflussung wurden die Wälder einerseits zurückgedrängt, andererseits aber die Lärche v.a. gegenüber Fichte gefördert. Nicht zuletzt die hohen Wildstände trugen den Rest zur Verschiebung der Baumartenanteile zugunsten der Lärche bei (AUTONOME PROVINZ BOZEN, 2010b).

7.2.4. Mögliche Maßnahmen zur Unterstützung der Naturverjüngung

Im Zentrum des Interesses für die verantwortlichen Waldbauer steht, ob die Naturverjüngung durch verschiedene Maßnahmen in ihrer Entwicklung unterstützt werden kann, bzw. ob die Verjüngungsgunst der Standorte durch einfache Behandlungen verbessert werden kann.

Jedes Jahr werden hohe Summen in die Sanierung und in die Pflege des Schutzwaldes investiert. Der Durchschnitt der letzten zehn Jahre liegt bei rund 1,9 Mio. € pro Jahr für Schutzwaldsanierung, Weideverbesserungen, Forstschutzmaßnahmen und Integralprojekte zur Hochlagenaufforstung. Weitere 0,6 Mio. € werden in Form von Förderungen für die Bringungsprämie bei bodenschonender Holzernte, sowie für Weideverbesserungen aufgewendet. Konkret werden jährlich Maßnahmen wie die Errichtung von Maschendrahtzäunen, die Errichtung von Schneerechen und die Errichtung von Holzzäunen durchgeführt (BROLL, 2013).

Neben der Wald-Weide-Trennung, die sich aufgrund der starken Belastung der Flächen mit Weiderechten teilweise nur schwierig umsetzen lässt, können auch kleinflächigere Maßnahmen der nicht zufriedenstellenden Verjüngungssituation am Vinschgauer Sonnenberg entgegenwirken.

MAYER (1984a) stellt klar, dass Pionierbaumarten wie die Lärche aufgrund ihres hohen Lichtertragnisses optimal auf unbeschränkten Freiflächen und Initialböden gedeihen. Dies zeigen auch die durchgeführten Untersuchungen ganz deutlich. Die Lärche reagiert als Rohbodenkeimer auf die Entfernung des Oberbodens bzw. auf Freilegung des Mineralbodens mit extremer Steigerung des Keimlingsaufkommens (vgl. AUER, 1947, LÜPKE UND RÖHRIG, 1972). Bis zu 92% der aufkommenden Naturverjüngung befindet sich auf den künstlich abgeschürften Bereichen. Diese Wirkung lässt sich aber nicht nur auf den ersten Jahren nach der Maßnahme feststellen, sondern auch die Nachwirkungen sind beträchtlich. Durch den Abtrag werden konkurrierende Gewächse eingedämmt und damit auch der erneute Aufbau von humosen Substanzen verlangsamt wodurch die positive Wirkung für die Lärchenverjüngung verlängert wird.

Vor allem die Kombination mit einer wild- und weidedichten Einzäunung von Flächen hat sich als verjüngungstechnisch sinnvolle Variante herausgestellt. Zwar besiedelt die Konkurrenzvegetation innerhalb des Zaunes ohne Viehtritt auch abgeschürfte Bereiche schneller, trotzdem sind von rund 560 gezählten Keimlingen fast 500 innerhalb eines Zaunes vorzufinden und nur ca. 60 außerhalb (siehe Abbildung 28, S. 53).

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Lärchenbestände auf der Sonnenseite des Vinschgaus sind aktuell durch Verjüngungsarmut gekennzeichnet. Die Ursachen der Problematik liegen in einem Zusammenspiel von zahlreichen Faktoren, u.a. von Verbisschäden des Wild- und Weideviehs, starker Vergrasung als Konkurrenzvegetation und besonders starker Austrocknung und Bodenaufheizung durch die Sonneneinstrahlung in den locker stockenden Beständen.

Tabelle 9: Darstellung der Effekte ausgewählter Faktoren für die Etablierung der Lärchennaturverjüngung
(+++ sehr gut, ++ mäßiger Vorteil, + guter Effekt, +/- indifferent, - negativ, -- mäßig schlecht, --- sehr schlecht)

Faktor	Auswirkung
Kombination aus Bodenverwundung und Zäunung	+ + +
Bodenverwundung	+ +
Zäunung	+ +
Waldweidetrennung bei Ziegen	+ +
Historische landwirtschaftliche Nutzung im Wald	+ +
Standorte mit kleinflächig erodierten Stellen (Rohboden)	+ +
Südwestlich und südöstlich exponierte Standorte	+ +
Natürliche Störungen (Waldbrand, Windwurf)	+ +
Gleichmäßige Feuchtigkeit	+ +
Extensive Beweidung (WIS 1)	+
höhere Überschildung für gleichmäßigeres Bestandesinnenklima	+
Hoher Anteil an Moderholz in den Beständen	+
Verhältnis des Gras- und Krautanteils in der Bodenvegetation	+ / -
Anteil an direkter und diffuser Strahlung	+ / -
Unregelmäßige Belichtung	+ / -
Intensive Beweidung (WIS 3)	-
Bodenverdichtung	-
Seichtgründigkeit	-
Große Überschildung	- -
Viel Bodenvegetation, wenig Mineralboden	- -
Hoher Grasanteil auf der Fläche	- -
Südexponierte Standorte	- -
Schaf-/Ziegenweide	- - -

Obige Tabelle 9 veranschaulicht die Wirkung ausgewählter Einflussgrößen, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, auf die Entwicklung der Naturverjüngung.

Wichtig wäre es, dichtere, allerdings nicht gedrängte Bestände anzustreben. Limitierender Faktor in den untersuchten Beständen ist nicht der übermäßige oder der zu geringe Strahlungsgenuss am Waldboden sodass dichtere Bestände letztlich Vorteile bringen. Der eigentliche Vorzug, eines hohen Kronenschlusses ist, dass die Schwankungen des Bestandesinnenklimas und die Austrocknung des Waldbodens geringer sind. Dies ist für die entscheidende Phase der Verjüngungsetablierung - die Keimung – unerlässlich, da die Samen und Keimlinge, besonders jene der Lärche, auf über mehrere Jahre andauernde und konstant feuchte Bedingungen angewiesen sind. Aus den Untersuchungen ging hervor, dass auf trockenen Standorten die Sterberate mit steigendem Alter viel größer ist, als auf feuchteren Standorten. Der Einfluss von Strahlungsparametern konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Absolut zu vermeiden ist deshalb die Anlage von größeren Kahlschlägen. Günstiger ist die einzelstamm- oder truppweise Entnahme des Altholzes. Vor allem behutsame Eingriffe in Form von Schlitz oder Lochhieben bieten die Gelegenheit vorhandene Verjüngung optimal und gezielt zu fördern. Unbedingt sollten Pflege- oder Ernteeingriffe nicht mehr als 3-4 Stunden direkte Sonneneinstrahlung pro Tag im Juni und Juli hervorrufen.

Um einen möglichst raschen Aufwuchs der Verjüngung zu ermöglichen ist es notwendig den Verbissdruck durch Weidevieh aber v.a. auch durch Schalenwild zu verringern. Wo möglich sollte eine Wald-Weide-Trennung in Erwägung gezogen werden, um besonders gefährdete oder verjüngungsnotwendige Bestände bzw. Teile davon der natürlichen Dynamik zu überlassen und Schädigungen durch Weidevieh auszuschließen. Baumindividuen werden bei ausreichendem Futterangebot zwar nicht aktiv von den weidenden Rindern selektiert aber zusammen mit den Gräsern und Kräutern aufgenommen. Deshalb hat auch dieser Vorgang eine beträchtliche Reduktion der Keimlingszahlen zur Folge, wenn auch nur bei besonders intensiv betriebener Weide. Ganz im Gegensatz dazu stellt auch eine geringe Bestoßung mit Schafen oder Ziegen eine extreme Belastung für die Verjüngungsentwicklung dar. Denn sie selektieren im Gegensatz zu Rindern Baumindividuen aktiv. Deshalb sollte bei Haltung von Schafen und insbesondere Ziegen unbedingt eine Wald-Weide-Trennung bzw. eine Verlegung der Waldweiden in weniger sensible Bestände in Betracht gezogen werden. Extensive Beweidung mit Rindvieh steht hingegen nicht im Widerspruch zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Gebirgswäldern und der Erhaltung des Schutzcharakters.

Ganz im Gegenteil, da Rindvieh die Verjüngung nicht aktiv selektiert, sondern v.a. Konkurrenzvegetation für die Lärchenkeimlinge minimiert kann periodische Beweidung bzw. Koppelung positive Auswirkungen auf die Verjüngung haben.

Die Wildschäden nehmen in den Grenzgebieten zum Nationalpark Stifser Joch trotz steigender Abschusszahlen weiter zu. Um eine erfolgreiche Verjüngung zu garantieren, sollte ein angepasster Wildstand angestrebt werden. Für das Wild stellt die Lärche zwar keine bevorzugte Baumart dar, wird aber dennoch verbissen, gefegt, verschlagen und geschält, sodass bereits gesichert scheinende Verjüngung rasch zerstört werden kann. Die Zäunung ist vielerorts neben der Reduktion der Schalenwildbestände ein unerlässlicher Weg Lärchenbestände erfolgreich zu verjüngen und sollte deshalb auch stellenweise am Vinschgauer Sonnenberg Anwendung finden. Auch in nicht beweideten Wäldern zeigte die Anwendung eines Zauns eindeutig positive Erfolge. Der Zaun kann einerseits vorhandene Verjüngungskerne vor evtl. folgenden, zerstörerischen Schädigungen schützen, andererseits können auch verjüngungsfreie Flächen gezäunt werden um die Ansamung und den Anwuchs der Keimlinge zu erleichtern. Besonders zu beachten ist aber, dass eingezäunte Flächen sowie größere Bestandeslücken stark zur Vergrasung neigen, welche die Ansamung aufgrund dichten Grasfilzes gänzlich verhindern kann.

In diesem Zusammenhang ist eine plätzeweise Bodenverwundung in Betracht zu ziehen. Bodenoffene Stellen wirken sich positiv auf die Lärchenverjüngung aus. Die Untersuchung zeigte, dass am selben Standort humusfreie Stellen um ein Vielfaches mehr an Verjüngung hervorgebracht haben. Der ursprüngliche Zustand von Boden und Konkurrenzvegetation stellt eine erfolgversprechende Chance zur Lärchenverjüngung dar. Es wäre zu empfehlen eine Oberbodenentfernung auf einer Fläche von mindestens 4 bis maximal 10m² durchzuführen. Auch die im Zuge dieser Arbeit durchgeführten Erhebungen bestätigen die herausragende Wirkung der händischen Bodenverwundung. Die Lärche besiedelt als Pionierbaumart bevorzugt Initialstandorte die durch die Entfernung der humosen Auflagen geschaffen werden können. Auch das kontrollierte Abbrennen der Bodenvegetation stellt eine Möglichkeit zur Schaffung von für die Lärche verjüngungsgünstigen Standorten dar. Besonders wirkungsvoll zur Verkürzung des Verjüngungszeitraums sind diese Maßnahmen in Samenjahren und in Kombination mit einer Zäunung. Eine mögliche Variante ist es, die bodenverwundeten Flächen in Abständen, die den Abständen der Bäume im Altbestand entsprechen und an möglichst lichten aber gleichmäßig feuchten Stellen (z.B. an Standorten mit unregelmäßigem Mikrorelief und nicht zu starker Überschildung) anzulegen. Zur Gewährleistung der Dauerbestockung sollte diese Arbeit aber nicht gleichzeitig, sondern

gleichmäßig über die Umtriebszeit verteilt (z.B. im 10-Jahresrhythmus) erfolgen. Auf jeden Fall ist die Kombination mit einer Zäunung ratsam.

In den tiefer liegenden Bereichen der montanen Lärchenwälder wäre es sinnvoll, das Laubholz zu erhalten und zu fördern. Teilweise ist es derzeit schon in den Beständen vertreten. In der Verjüngung wurden – wenn auch nur in geringer Anzahl - vier verschiedene Laubholzarten registriert. Es sind dies Vogelbeere, Esche, Bergahorn und Vogelkirsche. Die einzelbaumweise Mischung der Lärche mit Laubholzarten wirkt sich nicht nur positiv auf die Biodiversität aus, sondern verbessert auch die Wurzelraumauslastung zur Erosionsvorbeugung, sowie das Bestandesklima nachhaltig. Auch der Mischungsanteil der übrigen Nadelholzarten kann standortsabhängig erhöht werden. Die Fichte kann z.B. auf westlich exponierten Standorten gefördert werden.

Die Hänge oberhalb von Mals werden hingegen relativ stark von der Robinie besiedelt, welche in Hinblick auf deren invasiven Charakter und der angestrebten Förderung von heimischen Baumarten einzudämmen ist.

Auch wenn diese erfolgversprechenden Maßnahmen zeit- und kostenintensiv erscheinen, so ist in jedem Fall davon auszugehen, dass der örtliche Zusammenbruch der Lärchenschutzwälder einen ungleich größeren Nachteil für den Vinschgau und dessen Bevölkerung bringen würde. Angesichts der Überalterung der Bestände ist es gewiss der beste Weg Schutzwaldpflege- und Schutzwaldsanierungsmaßnahmen zu ergreifen und späteren, unumgänglichen und kostenintensiven technischen Verbauungen vorzuziehen.

Der Nutzen eines stabilen Schutzwaldsystems übersteigt in jedem Fall um ein Vielfaches die dafür aufgewendeten Kosten.

9. Literaturverzeichnis

AAS, G. (2012): Die Europäische Lärche – Taxonomie, Verbreitung, Morphologie. Beiträge zur Europäischen Lärche. Freising. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.) LWF-Wissen 69: S. 7-12

ALBERT, M. (2004): Modifikationen des BAL-Konkurrenzindex zur Prognose des Durchmesserzuwachses in Mischbeständen. In J.Nagel (Hrsg.): Beiträge zur Jahrestagung 2004 in Stift Schlägl, Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde, Georg August Universität Göttingen: S. 188-195

AMMER, C.; BRANG, P.; KNOKE, T.; WAGNER, S. (2004): Methoden zur waldbaulichen Untersuchung von Jungwüchsen. Forstarchiv 75: S. 83-110.

AUER, C. (1947): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Lärche im Arven-Lärchenwald des Oberengadins. Promotionsarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.

AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2009): Waldtypisierung Südtirol, BAND 2 Waldgruppen, Naturräume, Glossar. Bozen: Amt für Forstplanung.

AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2010a): Waldtypisierung Südtirol BAND 1 Waldtypen, Wuchsgebiete, Bestimmungsschlüssel. Bozen: Amt für Forstplanung.

AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2010b): Waldtypisierung Südtirol, BAND 2 Waldgruppen, Naturräume, Glossar. Bozen: Amt für Forstplanung.

AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2013): Merkblatt-Bestimmungen zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Bozen. Abteilung Landwirtschaft und Landesagentur für Umwelt

AUTONOME PROVINZ BOZEN (Hrsg.) (2015): Forstinspektorat Schlanders, online <http://www.provinz.bz.it/forst/forstdienst/1834.asp> (30.4.2015)

BAVIER, J. B. (1939): Von der Lärche und ihrer Verjüngung im Kanton Graubünden. Manatschal Ebner.

BRAUN, S.E. (2012): Historische Waldnutzungsformen im Kreis Ahrweiler. Online <http://www.kreis-ahrweiler.de/kvar/VT/hjb1998/hjb1998.39.htm> (9.6.2015)

BROLL, M. (2013): Schutzwald im Vinschgau-wohin? In Forstinspektorat Schlanders (Hrsg.). Mals, Autonome Provinz Bozen.

BROLL, M.; PIRCHER, G. (2013): Lärchenschutzwald Vinschgau. IX Congresso Nazionale SISEF. Bozen, Abteilung Forstwirtschaft, Autonome Provinz Bozen-Südtirol

BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (Hrsg.) (2015): Österreichische Waldinventur, online: <http://bfw.ac.at/rz/wi.home> (13.09.2015)

DEUTSCH, F. (1959): Aufforstung an wasserarmen Gebirgsstandorten im Vinschgau. Allgemeine Forstzeitschrift. Sondernummer Forstkulturen und Wasserhaushalt 10. München: S. 206-209

EL KATEB, H.; STOLZ, M. M.; MOSANDL, R. (2009): Der Einfluss von Wild und Weidevieh auf die Verjüngung im Bergmischwald. LWF aktuell 71: S. 16-18.

- ERHARDT, A.; KOMER, P. (2013):** Waldweiden (Wytweiden, Selven). Ökologischer Ausgleich und Biodiversität. Springer Verlag.
- EWALD, J. (2000):** Long-term impact of forest pasture on the understorey of mountain forests in the Tegernsee Alps (Bavaria). *Ökologie u Naturschutz* 9: 161-170.
- FLIRI, F. (1975):** Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Innsbruck-München: Universitätsverlag Wager.
- FLORINETH, F. (1974):** Vegetation und Boden im Steppengebiet des oberen Vinschgaues (Südtirol: Italien). *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins Innsbruck* 61: S. 43-70.
- FÖLSTER, H.; DEGENHARDT, M.; FLOR, T.; LUX, M. (1991):** Untersuchungen zur Tiefendurchwurzelung und Durchwurzelungsintensität auf Braunerde-Pseudogleyen im Vorderen Hunsrück in Abhängigkeit von Baumart und Bestandesstrukturparametern. *Mitteilungen aus der Forstl. Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz* 19: S. 91-106.
- FÜHRER, E.; NOPP, U. (2001):** Ursachen, Vorbeugung und Sanierung von Waldschäden. *Facultas*.
- GARBARINO, M.; LINGUA, E.; MARTINEZ SUBIRÀ, M.; MOTTA, R. (2011):** The larch wood pasture: structure and dynamics of a cultural landscape. *European Journal of Forest Research* 130: S. 491-502.
- GEOFORSCHUNGSZENTRUM HELMHOLTZ POTSDAM (2015):** IGRF-Deklinationsrechner. online <http://www-app3.gfz-potsdam.de/Declinationcalc/declinationcalc.html> (13.3.2015)
- GLEIRSCHER, P. (1991):** Zum frühen Siedlungsbild im oberen und mittleren Vinschgau mit Einschluß des Münstertales. In Loose, R. (Hrsg.): *Der Vinschgau und seine Nachbarräume*. Bozen: Athesia, S. 35-50.
- GOTSCH, N.; FINKENZELLER, N.; BECK, J.; BOLLIER, D.; BUSER, B.; ZINGG, A. (2002):** Bedeutung und Zukunft von Waldweiden im Schweizer Alpenraum: Auswertung von Daten des Landesforstinventars und einer Befragung von Förstern. PRIMALP. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- GRIESS, O.; KURTH, H. (1998):** Terminology of forest management planning (Forsteinrichtung): IUFRO - Internat. Union of Forestry Research Organizations. Vienna.
- GROSSMANN, H. (1927):** Waldweide in der Schweiz. Promotionsarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- HAMMER, W. (1922):** Geologischer Führer durch die Westtiroler Zentralalpen. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- HASENAUER, H. (1994):** Ein Einzelbaumwachstumssimulatur für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände. *Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien*, Band 8.
- HESSENMÖLLER, D.; HÄGER, U.; STIEFEL, S. (2014):** Entwicklung der natürlichen Verjüngung in Thüringens Wäldern. *AFZ-Der Wald* 11: S. 19-22.
- HYDROGRAPHISCHES AMT (Hrsg.) (2014):** Historische Daten. Monatsmittelwerte Temperatur, Monatsmittelwerte Niederschlag, Online <http://www.provinz.bz.it/wetter/historische-daten.asp> (23.4.2014)
- KALLWEIT, R.; MAYER, U. (2008):** Kahlschlagsverbot–Was sind freilandähnliche Verhältnisse?: In: *Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hrsg.): Wissenstransfer in die Praxis*. Potsdam. S. 17-25.

- KLUMPP, R. (2007):** Untersuchungen von Lärchenzapfen (Allitz). Wien, Institut für Waldbau.
- KULTURINSTITUT SÜDTIROL (Hrsg.) (1967):** Der obere Weg: von Landeck über den Reschen nach Meran. Dr. Ferrari-Auer-Verlag.
- KÖRNER, A.; KOLO, H.; STIMM, B.; WEZEL, G. (2012):** Stufigkeit als wichtiges Merkmal der Qualität von Forstpflanzen. AFZ-Der Wald 16: S. 13ff.
- LISS, B.M. (1989):** Die Wirkung der Weide auf den Bergwald: Ergebnisse mehrjähriger Untersuchungen. Forstliche Forschungsberichte 99. Ludwig-Maximilians-Universität. München.
- LOHER, H. (1985):** Waldweidebelastungen - Folgen und Bereinigungsmöglichkeiten. Allgemeine Forstzeitung 1996 10: S. 262f.
- LOOSE, R. (1993):** Grundzüge der Siedlungsgenese des Vinschgaus. Der Schlern 67: S. 685-701.
- LUICK, R.; SCHULER, H.K. (2007):** Waldweide und forstrechtliche Aspekte. In: Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim 17: S. 149-164.
- LÜPKE, V.B.; RÖHRIG, E. (1972):** Die natürliche Verjüngung der europäischen Lärche: Ökologische Untersuchungen im staatlichen Forstamt Reinhausen. Aus den Walde 17. Schaper-Verlag.
- MARTIN, H. (1910):** Die Maßnahmen der Bodenpflege. Die Forsteinrichtung. Springer. S. 179-184.
- MAYER, A.C.; ESTERMANN, B.L.; STÖCKLI, V.; KREUZER, M. (2005):** Experimental determination of the effects of cattle stocking density and grazing period on forest regeneration on a subalpine wood pasture. Animal Research 54: S. 153-171.
- MAYER, A.C.; STÖCKLI, V. (2004):** Sind Schutzwald und Weide vereinbar? Forum für Wissen. S. 73-78.
- MAYER, A.C.; STÖCKLI, V.; GOTSCH, N.; KONOLD, W.; KREUZER, M. (2004):** Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung/Forest grazing in alpine regions: a re-evaluation of a multi-usage tradition. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155: S. 38-44.
- MAYER, H. (1962):** Gesellschaftsanschluß der Lärche und Grundlagen ihrer natürlichen Verbreitung in den Ostalpen. Angewandte Pflanzensoziologie 17. Wien: Springer, S. 7-56.
- MAYER, H. (1974):** Wälder des Ostalpenraumes. Ökologie der Wälder und Landschaften 3. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart.
- MAYER, H. (1984a):** Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. 4.Aufl. Stuttgart, Jena, New York: Gustav-Fischer-Verlag
- MAYER, H. (1984b):** Wälder Europas. Urban & Fischer-Verlag. München
- Mayer, H.; Ott, E. (1991):** Gebirgswaldbau-Schutzwaldpflege. 2. Aufl. Stuttgart, New York: Gustav Fischer-Verlag.
- MAYER, R.; ERSCHBAMER, B. (O.J.):** Lärchen-Zirbenwälder und Zwergstrauchheiden. An den Grenzen des Waldes und der menschlichen Siedlung. Innsbruck: S. 99-122.
- MEYER, P. (2001):** Untersuchung der Waldstruktur und ihrer Dynamik in Naturwaldreservaten. Eching: IHW-Verlag.

- MONTEITH, J.L.; MOSS, C.J. (1977):** Climate and the Efficiency of Crop Production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences 281: S. 277-294.
- MOTTA, R.; LINGUA, E. (2005):** Human impact on size, age, and spatial structure in a mixed European larch and Swiss stone pine forest in the Western Italian Alps. Canadian Journal of Forest Research 35: S. 1809-1820.
- MOUNTFORD, E.P.; PETERKEN, G.F. (2003):** Long-term change and implications for the management of wood-pastures: experience over 40 years from Denny Wood, New Forest. Forestry 76: S. 19-43.
- NORZ, C. (2014):** Sukzession in Lärchenwiesen in Tirol. Der Einfluss von Bewirtschaftung und Standortsfaktoren auf den Ablauf von Sukzession. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- OTT, E.; FREHNER, M.; FREY, H.U.; LÜSCHER, P. (1997):** Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern, Stuttgart, Wien Haupt-Verlag:
- OTTO, A. (1974):** Klimatologisch-ökologische Untersuchungen im Vinschgau. Innsbruck.
- PELZ, S.K. (2002):** Eigenschaften und Verwendung des Holzes der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) unter besonderer Berücksichtigung des Reaktionsholzes. Dissertation: Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau.
- PRIETZEL, J. (2010):** Schutzwälder der Nördlichen Kalkalpen: Verjüngung, Mikroklima, Schneedecke und Schalenwild | Protection forests in the Northern Limestone Alps: stand regeneration, microclimate, snow cover and ungulates. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 161: S. 12-22.
- PUTZ, L. (1948):** Die Lärchenwiesen in Tirol. Geogr. Hausarbeit. Innsbruck.
- RAMPOLD, J. (1997):** Vinschgau. 7. Aufl., Bozen: Athesia.
- REISIGL, H. (1987):** Die Untersuchung der alpinen Grasheide im Rahmen der Klimaxvegetation des Gurglertales (Ötztaler Alpen). MaB-Projekt Obergurgl.
- REITBÖCK, I.M. (2003):** Die Waldweide im Wipptal. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- RICH, P.M. ET AL. (1999):** HemiView user manual, version 2.1. Delta-T Devices Ltd. Cambridge 79.
- RINESCH, C.; TRINKAUS, P.; STRASSER, V.; PROSKE, H. (2001):** Problemkreis Wald/Wild anhand des Fallbeispiels „Holzäpfeltal“. Ländlicher Raum 5. Graz
- RUPRECHT, H.; VACIK, H. (2009):** Aufnahmeschlüssel für die Erhebung in Naturwaldreservaten für das Projekt „ELENA“. Wien: Universität für Bodenkultur.
- SCHENK, I. (1951):** Die Klima-Insel Vinschgau. Mutilati e Invalidi. Trient
- SCHERMER, H. (1998):** Bergdorf Reith. Gemeinde Reith bei Seefeld (Hrsg.).
- SCHLEICHER, A.; KÖNIGER, J.; MOSANDL, R. (2007):** Waldweide differenziert beurteilen. LWF aktuell 58: S. 32-34.
- SCHMID, W. (2003):** Themenbericht extensive Weiden. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Birmensdorf
- SCHODTERER, H. (2011):** Verjüngung im österreichischen Wald: Defizite im Schutzwald. BFW-Praxisinformation 24: S. 10-14.

SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A. (1994): Gelten die biozönotischen Grundprinzipien auch für die landschaftsökologische Ebene? - Standortskomplexe inneralpiner Trockengebiete als Fallbeispiele. *Phytocoenologia* 24: S. 1-22.

STACUL, P. (1966): Zur Geologie des Vinschgaus. Jahrbuch des Südtiroler Kulturinstitutes. Bozen.

STAFFLER, H. (1993): Waldgesellschaften im oberen Vinschgau als Grundlage für ein Wildbewirtschaftungskonzept. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

STAFFLER, H. (2009): Die potentiell natürliche Vegetation des Vinschgauer Sonnenberges: Umwandlung der Vinschgauer Schwarzföhrenforste in naturnahe Bestände. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.

STAFFLER, H.; KARRER, G. (2001): Wärmeliebende Wälder im Vinschgau (Südtirol/Italien). *Sauteria* 11: S. 301-358.

STERN, R. (1972): Versuche mit Nadelholzsaaten auf subalpinen Standorten. Forstliche Bundesversuchsanstalt Außenstelle für subalpine Waldforschung. Innsbruck

STIMM, B.; ROTHKEGEL, W.; RUPPERT, O.; MOSANDL, R. (o.J.): Die Qualität von Forstpflanzen als entscheidende Voraussetzung für den Kulturerfolg. *LFWWissen* 74: S. 54-62.

STUBER, M.; BÜRGI, M. (2001): Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800-1950. Waldweide, Waldheu, Nadel- und Laubfutter/Agricultural use of forest in Switzerland 1800-1950. Wood pasture, wood hay collection, and the use of leaves and needles for fodder. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 152: S. 490-508.

SUTER, W. (2005): Vom Verbissprozent zur Walddynamik: Der weite Weg zum Verständnis der Wechselbeziehungen zwischen Wald und Huftieren. *Forum für Wissen, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf*: S. 7-16.

TSCHERMAK, L. (1935): Die natürliche Verbreitung der Lärche in den Ostalpen. In: *Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs* 43. Wien: Springer.

TUMLER, H. (1992): Das Wachstum der Lärche in Südtirol. Diplomarbeit, Institut für forstliche Ertragslehre, Universität für Bodenkultur, Wien

VON KÖNIGSLÖW, V. (2013): Potential von Waldweiden im Schweizer Mittelland: Aktuelle Beurteilung aus Sicht der Forst- und Landwirtschaft. Bachelorarbeit, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen. Freiburg, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

WALTER, H.; STRAKA, H. (1970): Grundlagen der Pflanzenverbreitung. Stuttgart: Eugen Ulmer.

WIELANDER, H. (1997): Der Vinschgau. Bozen. Athesia.

WOLFSLEHNER, G.; FRANK, G.; STEINER, H.; FORMAYER, H.; ARBEITER, A.F.; HOCHBICHLER, E. (2012): Die Lärche im Klimawandel. *BFW aktuell* 1: S. 14-15.

WOPFNER, H. (1951): Bergbauernbuch-Von Arbeit und Leben des Tiroler Bergbauern in Vergangenheit und Gegenwart. Innsbruck: Verlag Tyrolia AG.

ZÖHRER, F. (1980): Forstinventur. Pareys Studentexte 26. Berlin: Parey-Verlag.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: Klimadiagramme von Schlanders und Brixen-Vahrn mit mittleren Monatsniederschlägen und mittleren Temperaturen aus den Jahren 1921-2014 Vgl. (Hydrographisches Amt, 2014).....	8
ABBILDUNG 2: Geologische Übersicht über den Vinschgau (verändert nach Autonome Provinz Bozen 2015).....	10
ABBILDUNG 3: Anteil der Baumarten am Holzvorrat in den Wäldern des Forstinspektorates Schlanders (verändert nach Autonome Provinz Bozen, 2015)	13
ABBILDUNG 4: Besitzverhältnisse der Wälder im Forstinspektorat Schlanders (verändert nach Autonome Provinz Bozen, 2015).....	14
ABBILDUNG 5: Die Beweidung der Wälder bringt einige Probleme mit sich (Quelle: eigenes Foto)	15
ABBILDUNG 6: Auch gepflanzte und mit Einzelbaumschutz versehene Bäume leiden stark unter den Verbisschäden des Wildes und des Weideviehs und der Stammschädigung durch Fegen (Quelle: eigenes Foto)	17
ABBILDUNG 7: Landschaftsprägende Lärchenwälder (Quelle: eigenes Foto).....	19
ABBILDUNG 8: Typischer, locker bestockter, stark beweideter Lärchenaltbestand mit tiefastigen, stark abholzigen Individuen (Quelle: eigenes Foto).....	23
ABBILDUNG 9: Skizze eines Transekts mit Anordnung der Satellitenstichproben im Abstand von 100m	28
ABBILDUNG 10: Schematische Darstellung einer Satellitenstichprobe	29
ABBILDUNG 11: Vergleichsfläche ohne Zaun: Mit dem Maßband eingeteilt ist das schachbrettartige Muster um das Auszählen und Zuordnen der Individuen zu erleichtern (Quelle: eigenes Foto)	32
ABBILDUNG 12: Aufstellung der Kamera im Gelände (Quelle: eigenes Foto)	34
ABBILDUNG 13: Hemisphärische Aufnahme im Original (links) und mittels Programm bearbeitete Aufnahme mit herausgearbeiteten Unterschieden zwischen Lücke und Überschirmung (rechts)	35
ABBILDUNG 14: Baumartenanteile in der Verjüngung	39
ABBILDUNG 15: N/ha der verschiedenen Baumarten in Abhängigkeit von Höhe/Alter	40
ABBILDUNG 16: N/ha unabhängig von der Baumart eingeteilt nach Alterskategorien	41
ABBILDUNG 17: Gewichteter Anteil der Verjüngung auf Hängen mit unterschiedlicher Ausrichtung /Exposition	42
ABBILDUNG 18: Baumartenabhängige Bevorzugung verschiedener Expositionen in der Verjüngung (N=520).....	43
ABBILDUNG 19: N/ha je nach Wasserhaushaltsstufe und Höhe/Alter (N=520)	44

ABBILDUNG 20: Karte mit Verortung der Transekte. Jeweils drei befinden sich in WIS 0, 2 und 3, vier in WIS 1 (verändert nach Autonome Provinz Bozen, 2015).....	46
ABBILDUNG 21: Verjüngungsanzahl pro Hektar in Abhängigkeit von der Weidebelastung (unabhängig von der Altersklasse)	47
ABBILDUNG 22: Anzahl der Individuen in Abhängigkeit von DSF, ISF und GSF	48
ABBILDUNG 23: Lage der Vergleichsflächen mit ausgeschiedenen Weideintensitäten (verändert nach Autonome Provinz Bozen, 2015).....	49
ABBILDUNG 24: Vergleichsfläche: Innerhalb ist die Bodenvegetation und dabei v.a. der Graswuchs ausgeprägt. Außerhalb bleiben die Stellen mit Bodenbearbeitung durch Viehtritt wesentlich länger sichtbar (Quelle: eigenes Foto)	50
ABBILDUNG 25: Begrünungsprozent über alle Teilflächen in gezäunten und ungezäunten Flächen (N=145).....	51
ABBILDUNG 26: Gegenüberstellung der Flächenanteile Gras und krautige Pflanzen mit und ohne Zaun (N=145).....	51
ABBILDUNG 27: Anzahl der Individuen je Teilfläche in Abhängigkeit vom Zaun (N=560)	52
ABBILDUNG 28: Vorkommen der Naturverjüngung je nachdem ob sie eingezäunt ist oder nicht (N=560)	53
ABBILDUNG 29: Verjüngung mit und ohne Zaun auf WIS 1 und 3 (N=560).....	53
ABBILDUNG 30: Überblick über die Begrünungsprozente je nach Zaun und Bodenbearbeitung (N=145).....	54
ABBILDUNG 31: Begrünungsprozent in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=145)	55
ABBILDUNG 32: Gegenüberstellung Gras- und Krautanteil in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=145).....	55
ABBILDUNG 33: Vorkommen der Naturverjüngung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (N=560)	56
ABBILDUNG 34: mittlere Anzahl der Lärchenindividuen je nach Behandlung des Bodens (N=560)	56
ABBILDUNG 35: Abhängigkeit der Individuenanzahl von der Begrünung (N=145)	57
ABBILDUNG 36: Anzahl der Verjüngungskerne in Abhängigkeit von der Wasserhaushaltsklasse (N=145)	58
ABBILDUNG 37: Verhältnis aus Höhe und Wurzelhalsdurchmesser der aufgefundenen Pflanzen unabhängig vom jeweiligen Standort (N=560).....	59
ABBILDUNG 38: Verhältnis aus Höhe und Wurzelhalsdurchmesser in Abhängigkeit von Zaun (N=560) 60	
ABBILDUNG 39: N/ha in Abhängigkeit vom Alter.	61

ABBILDUNG 40: Anteile der Flächen mit unterschiedlicher Überschirmung.....	63
ABBILDUNG 41: Gap-fraction in skymap sectors	63
ABBILDUNG 42: Anteil der aufkommenden Verjüngung bei unterschiedlicher Überschirmung	65
ABBILDUNG 43: Überblick über die gezählten Verjüngungskerne unterschieden nach Standorten.....	66
ABBILDUNG 44: Anzahl gezählter Verjüngungskerne eingeteilt nach Standort, Höhe und Größe (N=216)	67
ABBILDUNG 45: Verjüngungskerne pro Hektar in Abhängigkeit von der Intensität der Beweidung in den Beständen.....	68
ABBILDUNG 46: Baumartenverteilung im Schirm und in der Verjüngung.....	74
ABBILDUNG 47: links: Prozentanteile der Expositionen an den Probeflächen im Erhebungsgebiet; rechts: Prozentanteile der gesamten Verjüngung an unterschiedlich exponierten Standorten (N=508).	77
ABBILDUNG 48: Einfluss der Weidebelastung auf die Anzahl der Verjüngung. Vergleich der Ergebnisse aus den Satellitenstichproben und der Erhebung der Verjüngungskerne	82
ABBILDUNG 49: Prozentsatz der Individuen mit Terminaltrieb- und Seitentriebverbiss (N=508)	84
ABBILDUNG 50: Fegeschadenprozent der über 30cm hohen Individuen am Vinschgauer Sonnenberg.	85

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: Wasserhaushaltsstufen (verändert nach Ruprecht und Vacik, 2009)	30
TABELLE 2: Deklinationsberechnung für die Auswertung der Hemisphärischen Aufnahmen Bsp.: Transekte. Ebenso wurde für die Vergleichsflächen vorgegangen	36
TABELLE 3: Anzahl der Probeflächen auf den unterschiedlichen Expositionen	41
TABELLE 4: Anzahl der Probeflächen auf Standorten unterschiedlicher Wasserhaushaltsstufe	44
TABELLE 5: Durch Auswertung der hemisphärischen Fotos erhaltene Anteile der Übershirmungen in den einzelnen Transekten und Mittelwert über alle.....	64
TABELLE 6: Zapfen und Saatgut (verändert nach Klumpp, 2007).....	71
TABELLE 7: Saatgutanalyse: Schnittprobe (verändert nach Klumpp, 2007).....	72
TABELLE 8: Saatgutanalyse: Keimung im Folientunnel im Topf (verändert nach Klumpp, 2007).....	72
TABELLE 9: Darstellung der Effekte ausgewählter Faktoren für die Etablierung der Lärchennaturverjüngung (+++ sehr gut, ++ mäßiger Vorteil, + guter Effekt, +/- indifferent, - negativ, - - mäßig schlecht, - - - sehr schlecht).....	88

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die vorliegende Masterarbeit von mir selbständig verfasst wurde. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet und die übernommenen Gedanken als solche kenntlich gemacht.

Magdalena Delvai

Wien, Dezember 2015

