



Universität für Bodenkultur Wien

# Der Einfluss von Wald auf die Lawinendisposition – Fallbeispiel Loser, Alt Aussee, Stmk.

---

Masterarbeit

von

**Johanna Steinberger**

Zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur der Alpinen Naturgefahren  
– Wildbach- und Lawinenverbauung

Betreuer: Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Christian Scheidl

Institut für Alpine Naturgefahren

Department für Bautechnik und Naturgefahren

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

Wien, 2020



## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

## **Danksagung**

Zu Beginn möchte ich allen danken, die mit ihrer Unterstützung zur Verfassung dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Der größte Dank gilt wie immer meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen bestärkt haben. Ohne ihren Rückhalt wäre dieser Weg nicht möglich gewesen.

Ein großer Dank gilt auch meinem Betreuer Christian Scheidl für die stetige Unterstützung. Ich möchte mich an dieser Stelle besonders für die Mühe und die Zeit bedanken, die er in meine Arbeit investiert hat.

Dem forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung, besonders Herrn Rainer Göschl gilt ebenfalls ein besonderer Dank für sein tatkräftiges Mitwirken bei der Vorbereitung und Durchführung der Feldaufnahmen.

Zuletzt möchte ich mich auch bei Eva Dutzler bedanken, die mit mir zwei Monate lang die Außenaufnahmen am Loser durchgeführt hat.

## **Abkürzungsverzeichnis**

BFW Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft

BOKU Universität für Bodenkultur

DEM digital elevation model

DGM Digitales Geländemodell

DOM Digitales Oberflächenmodell

FWP Flächenwirtschaftliches Projekt

ÖBf-AG Österreichische Bundesforste AG

ÖWI Österreichische Waldinventur

WLV Forsttechnischer Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung

## Kurzfassung

Im Rahmen einer Vorstudie für ein flächenwirtschaftliches Gemeinschaftsprojekt unter der Leitung des forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV), Gebietsbauleitung Steiermark Nord in Liezen, wird in einer Fallstudie der Einfluss von Wald auf die Entstehung von Waldlawinen und Schneebewegungen untersucht.

Das Untersuchungsgebiet hierzu ist eine 260ha große, südexponierte Waldfläche eines Fichten-Tannen-Buchenwaldgebietes der Österreichischen Bundesforste AG (ÖBf-AG), welche der Gemeinde Alt Aussee als Standorts- und Objektschutzwald dient und lokal auch die Funktion als Lawinenschutzwald erfüllt. Nach Informationen der WLV in Liezen handelt es sich um heterogene Bestände in unterschiedlichen Bestandesentwicklungsstadien. Aufgrund der Überalterung der Bestände, aber auch wegen des hohen Wilddrucks ist das Aufkommen von Naturverjüngung problematisch und der Erhalt der Schutzwirkung des Waldes gefährdet.

Zuerst wird im Zuge der Fallstudie eine stichprobenartige Erhebung der relevanten forstlichen Bestandesparameter sowie eine Untersuchung des Geländes vor Ort nach „stummen Zeugen“ (geomorphic field evidence) von vergangenen Ereignissen (geomorphologische Kartierung mit Schwerpunkt Schneebewegungen) vorgenommen. Die Grundlage hierfür stellen die Waldinventurdaten der Österreichischen Bundesforste AG (Bestandeskarten, Forsteinrichtungspläne) zur Untersuchung der Bestandesstrukturen, die Informationen der Wildbach- und Lawinenverbauung zu vergangenen Ereignissen sowie die räumliche Analyse der lokalen Geomorphologie (Neigung, Krümmung, Rauigkeitsfaktor) zur Erstellung von Dispositionskarten für Waldlawinen und Schneebewegungen in der Schneedecke dar.

Im nächsten Schritt werden anhand einer Literaturstudie folgende Fragestellungen geklärt:

- Wie sieht die allgemeine Prozessdefinition von Waldlawinen aus?
- Welche geomorphologischen, topographischen Bedingungen müssen für die Entstehung der genannten Prozesse gegeben sein?
- Welche Faktoren verhindern oder begünstigen die Entstehung der genannten Prozesse?
- Welchen Einfluss hat der Wald auf die Entstehung von Waldlawinen?
- Welche forstlichen Bestandesparameter werden zur quantitativen Beurteilung des Waldes bezüglich der Schutzwirkungen gegenüber Schneebewegungen verwendet und was ist der Stand der Technik?

Danach folgt die Arbeit am konkreten Fallbeispiel. Hier findet eine Erhebung des Ausgangszustandes statt, in der die beiden generellen Fragen „Wie unterscheiden sich die Strukturen des Waldes in Bereichen, in denen Schneebewegungen stattgefunden haben zu Bereichen, in denen keine Schneebewegungen stattgefunden haben und wie soll ein sinnvolles Stichprobendesign für periodische Erhebungen und Kontrollen im Schutzwald aussehen?“ behandelt werden.

Den Abschluss bildet die Erstellung eines Monitoringkonzeptes für Folgeaufnahmen in den kommenden Jahren zur Beobachtung von Schneebewegungen.

## **Abstract**

As part of a preliminary study for an "area-related project" under the direction of the Forest Engineering Service of the Torrent and Avalanche Control (WLV), regional office Steiermark Nord in Liezen, a case study investigates the influence of forests on the formation of forest avalanches and snow movements.

The study area for this purpose is a 260ha, south-exposed forest area of a spruce-fir-beech forest of the Austrian Federal Forestry Office (ÖBf-AG), which serves the municipality Alt Aussee as a site- and object-protection forest and locally fulfills the function as avalanche protection forest. According to information from the WLV in Liezen, these are heterogeneous forest stands with different stages of population development. Due to the overaging of the forest stands, but also because of high game pressure, the emergence of natural regeneration is problematic and the preservation of the protective function of the forest is endangered.

First, in the case study, a random survey of relevant forest stand parameters and an on-site evaluation of geomorphic field evidence of past events (geomorphological mapping with emphasis on snow movements) will be made. The basis for this are the forest inventory data of the Austrian Federal Forestry Office (stand maps, management plans) for the study of the forest structures, the information from the torrent and avalanche control (WLV) on past events and the spatial analysis of the local geomorphology (slope angle, plan curvature, roughness) for the creation of disposition maps for forest avalanches and snow movements in the snow cover.

In the next step, the following questions will be clarified on the basis of a literature study:

- What is the general process definition of forest avalanches?
- Which geomorphological, topographic conditions must be given for the emergence of these processes?
- Which factors prevent or favor the emergence of these processes?
- What influence does the forest have on the formation of forest avalanches?
- Which forest stand parameters are used for the quantitative assessment of the forest regarding the protective function against snow movements and what is the state of the art?

This is followed by the work on the concrete case study. Here takes an actual state survey place, in which the two general questions "How do the structures of the forest differ in areas where snow movements have taken place to areas where snow movements have not taken place and what is the meaningful sampling design for periodic surveys and controls in the protective forest?" are treated.

The conclusion is the creation of a monitoring concept for following surveys in the coming years for the observation of snow movements.

# Inhalt

Einleitung.....	1
Problemstellung .....	2
Zielsetzung der Fragestellungen.....	2
Abgrenzung der Fragestellungen .....	3
Datengrundlagen, Material und Methoden.....	4
Literaturrecherche.....	4
Untersuchungsgebiet .....	8
Lage des Untersuchungsgebietes.....	8
Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....	8
Geologie des Untersuchungsgebietes.....	9
Klima des Untersuchungsgebietes .....	10
Aktuelle Vegetation im Untersuchungsgebiet .....	10
Forstliches Wuchsgebiet .....	10
Datengrundlagen.....	12
Räumliche Analysen der lokalen Geländemorphologie (Universität für Bodenkultur).....	12
Waldinventurdaten (Österreichische Bundesforste AG).....	16
Informationen über vergangene Ereignisse (Forsttechnischer Dienst der WLW).....	18
Material und Methoden .....	24
Gliederung der Fläche in Behandlungseinheiten .....	24
Aufnahmemethodik.....	25
Statistische Auswertung der Aufnahmedaten .....	27
Erstellung eines Monitoringkonzeptes.....	31
Ergebnisse der Literaturrecherche.....	32
Prozessdefinition Waldlawinen.....	32
Relevante geomorphologische & topographische Bedingungen (Geländeparameter).....	32
Relevante forstlichen Parameter (Bestandesparameter) .....	33
Ergebnisse der Fallstudie.....	42
Korrelationsanalyse.....	42
Prüfung der Hypothesen – Versuchsgruppe 1 .....	49
Prüfung der Hypothesen – Versuchsgruppe 2 .....	53
Diskussion.....	60
Literaturrecherche.....	60
Fallstudie Loser.....	65
Zusammenfassung.....	70

Ausblick - Erstellung eines Monitoringkonzeptes .....	73
Ausarbeitung des Stichprobendesigns .....	73
Anlage des Stichprobenrasters.....	74
Anleitung zur Erhebung der Wiederholungsaufnahmen – Lawinenschutzmonitoring Loser .....	84
Literaturverzeichnis .....	86
Abbildungsverzeichnis.....	93
Tabellenverzeichnis .....	94
Anhang .....	97
Anhang 1 - Aufnahmeformulare .....	98
Anhang 2 – Ergebnisse der Korrelationsanalyse .....	103
Anhang 3 – Ergebnisse der Hypothesenprüfung.....	122
Versuchsgruppe 1.....	122
Versuchsgruppe 2.....	126

## Einleitung

Der Wald im Alpenraum und speziell auch in Österreich erfüllt eine Vielzahl von Funktionen. Mitunter eine der wichtigsten dieser Funktionen ist die Schutzfunktion. Österreichs Schutzwälder, welche in etwa 21 Prozent der Gesamtwaldfläche einnehmen, schützen vor Muren, Wildbächen, Steinschlag und Lawinen (Bundesforschungszentrum für Wald, 2016). Hierbei wird zwischen Standorts-, Objektschutz- und Bannwäldern unterschieden. Als Standortsschutzwälder (Wälder auf besonderen Standorten) werden Waldflächen verstanden, welche den eigenen Standort vor verschiedenen abtragenden Kräften (Wind, Wasser, Erosion und ähnlichem) schützen. Objektschutzwälder hingegen dienen dem Schutz von Menschen, menschlichen Siedlungen und Anlagen oder auch kultiviertem Boden vor elementaren Gefahren. Erweist sich das öffentliche Interesse an einem Wald, welcher als Objektschutzwald ausgewiesen ist als wichtiger, als die mit der Bannlegung verbundenen Nachteile der Einschränkung der Waldbewirtschaftung, so ist dieser durch einen Bescheid in Bann zu legen. In solchen Fällen wird von Bannwäldern als Sonderform des Objektschutzwaldes gesprochen.

Aktuell stocken auf den österreichischen Schutzwaldflächen vorrangig Fichtenreinbestände, welchen oftmals auch Lärchen und Buchen beigemischt sind. Diese sind laut Österreichischer Waldinventur (ÖWI) zu großen Teilen überaltert. 24 Prozent der Schutzwälder haben ein Alter von mehr als 140 Jahren und stehen somit zur Verjüngung an. Das Aufkommen der Verjüngung bleibt jedoch auf den meisten Flächen aus. Grund dafür sind vor allem die hohe Wilddichte und der damit verbundene Wilddruck sowie darüber hinaus auch die teilweise noch immer vorzufindenden Waldweideflächen. Das Resultat sind sanierungsbedürftige Bestände, welche ihre Schutzfunktion nur noch in einem geringen Ausmaß erfüllen können oder diese gänzlich verlieren (Bundesforschungszentrum für Wald, 2011). Mit dem Verlust der Schutzwirkung dieser Wälder werden in weiterer Folge kostspielige technische Verbauungen notwendig, welche diese Funktion übernehmen müssen.

Verantwortlich für den Schutz vor Naturgefahren und somit auch für die Verwaltung eines großen Teils der heimischen Schutzwälder ist der Forsttechnische Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV). Seine Aufgaben sind unter anderem die Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen, die Überwachungs- und Erhebungsarbeiten in den Einzugsgebieten von Wildbächen und Lawinen, die Bewirtschaftung von Bannwäldern sowie auch die Vertretung der öffentlichen Interessen am Schutz vor Wildbächen und Lawinen. Bezogen auf die Schutz- und Bannwälder bedeutet das, dass der Forsttechnische Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung beispielsweise Vorschriften über die Verwendung von geeigneten Pflanzmaterial machen, Fällungen in der Kampfzone des Waldes sowie in den Arbeitsfeldern der WLV an Bewilligungen binden und auch die Feststellung der Schutzwaldeigenschaft oder eine Bannlegung aussprechen kann (Forstgesetz (BGBl. Nr. 440/1975), 2017).

Die Wichtigkeit der Thematik der Schutzwirkung von Wäldern zeigt sich unter anderem durch die große Anzahl an Publikationen, welche in den letzten Jahren sowohl im Alpenraum als auch darüber hinaus veröffentlicht wurden (unter anderem Wakabayashi, 1971; Butler & Malanson, 1985; Meyer-Grass & Schneebeil, 1992; Margreth, 2004; Bebi et. al, 2009 u.v.m.). Dennoch gibt es nach wie vor viele Forschungsfragen, welche noch nicht ausreichend geklärt oder auch gänzlich ungeklärt sind und welche es zu beantworten gilt. Die vorliegende Arbeit setzt sich deshalb mit einigen dieser Forschungsfragen auseinander. Sie behandelt im Zuge einer Vorstudie des flächenwirtschaftlichen Projektes Alt Aussee unter Leitung der Wildbach- und Lawinenverbauung – Gebietsbauleitung Liezen

und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Alpen Naturgefahren der Universität für Bodenkultur aktuelle Fragen zum Einfluss des Waldes auf Schneebewegungen.

## **Problemstellung**

Der Standorts- und Objektschutzwald im Gebiet des Losers, welcher die Gemeinde Alt Aussee unter anderem vor der Gefahr durch Lawinen schützen soll, ist wie ein großer Teil der österreichischen Schutzwälder teilweise stark überaltert und weist nicht zuletzt auf Grund des vorherrschenden Wilddrucks und der somit entstandenen Verbisschäden keine ausreichende Naturverjüngung auf. Dies gefährdet auf lange Sicht den Erhalt der Schutzfunktion des Waldes. Um diesem Problem entgegen zu wirken ist eine Sanierung des Schutzwaldes unumgänglich. Um jedoch ein Konzept für die Schutzwaldsanierung erstellen zu können, ist eine grundlegende Kenntnis der relevanten Standorts- und Bestandesparameter, welche die Entstehung von Lawinen im Wald beeinflussen, notwendig.

Ein weiteres Problem ist, dass es bis dato noch kein Stichprobendesign für periodische Erhebungen und Kontrollen im Schutzwald gibt. Für die Erstellung eines Monitoringkonzeptes für Folgeaufnahmen zur Beobachtung von Schneebewegungen ist zuerst die Kenntnis darüber, welche Parameter zur Beurteilung des Waldes bezüglich der Schutzwirkungen gegenüber Schneebewegungen insbesondere Lawinen verwendet werden können, erforderlich. Als Grundlage dafür muss festgestellt werden, wie sich Waldstrukturen in denen Schneebewegungen stattgefunden haben von jenen Bereichen unterscheiden, in denen keine Schneebewegungen stattgefunden haben.

## **Zielsetzung der Fragestellungen**

Ziel der vorliegenden Arbeit als Teil der Vorstudie des flächenwirtschaftlichen Projektes Alt Aussee ist es, die relevanten Standorts- und Bestandesparameter für die Entstehung von Waldlawinen anhand eines konkreten Fallbeispiels zu erforschen, wobei das Hauptaugenmerk auf den Bestandesparametern liegt. Grund dafür ist, dass der Einfluss von geomorphologischen Parametern bereits weitgehend bekannt ist, das Wissen über den Einfluss des Waldes jedoch noch begrenzt ist. Darüber hinaus soll ein sinnvolles Stichprobendesign für periodische Erhebungen und Kontrollen im Schutzwald entwickelt und darauf basierend ein Monitoringkonzept für Folgeaufnahmen in den kommenden Jahren erstellt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen wurden mehrere Fragen formuliert, welche im Zuge der Arbeit beantwortet sollen:

- Wie sieht die allgemeine Prozessdefinition von Waldlawinen aus?
- Welche geomorphologischen, topographischen Bedingungen müssen für die Entstehung der genannten Prozesse gegeben sein?
- Welchen Einfluss hat der Wald auf die Entstehung von Waldlawinen, welche forstlichen Bestandesparameter werden zur quantitativen Beurteilung des Waldes bezüglich der Schutzwirkungen gegenüber Schneebewegungen verwendet und was ist der Stand der Technik?
- Wie unterscheiden sich im Projektgebiet die Strukturen des Waldes in Bereichen, in denen Schneebewegungen stattgefunden haben zu Bereichen, in denen keine Schneebewegungen stattgefunden haben?

## **Abgrenzung der Fragestellungen**

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf relevante Parameter für die Entstehung von Waldlawinen. Andere im Wald auftretende Schneebewegungen wie Schneekriechen und Schneegleiten sind nicht Thema dieser Fallstudie. Eine Ausnahme bilden lediglich Schneebewegungen, welche sich in ihrem Verlauf zu Waldlawinen entwickeln (beispielsweise Schneegleiten in Bestandeslücken als erstes Stadium einer Waldlawine). Auch Lawinen, welche ihre Anrisszone auf Freiflächen haben und somit nicht in die Kategorie der Waldlawinen fallen, werden in dieser Arbeit nicht behandelt.

Die erhobenen, sowie auch die recherchierten Parameter beschränken sich ausschließlich auf die beiden Kategorien Standortparameter und Bestandesparameter, weitere Faktoren wie Schneedeckenaufbau, klimatische Bedingungen, Auslösefaktoren und ähnliches werden nicht berücksichtigt.

Das entwickelte Stichprobendesign für periodische Erhebungen und Kontrollen im Schutzwald und die Erstellung des dafür vorgesehenen Monitoringkonzepts für Folgeaufnahmen in den kommenden Jahren dienen lediglich zur Beobachtung von Schneebewegungen. Andere Naturgefahren wie Erosionen oder Steinschlag werden im Monitoringkonzept nicht berücksichtigt.

# **Datengrundlagen, Material und Methoden**

## **Literaturrecherche**

Neben der Erhebung der Felddaten, fand eine Literaturrecherche statt, in der zuerst die generelle Prozessdefinition von Waldlawinen festgelegt und anschließend daran die, in der Fachliteratur vorkommenden geomorphologischen und topographischen Bedingungen sowie auch die, für die für das Anbrechen von Waldlawinen relevanten forstlichen Bestandesparameter ermittelt wurden.

Zu Beginn der Literaturrecherche wurden Artikel ausgewählt, welche einen Überblick über die Prozessdefinition von Waldlawinen und die Lawindynamik fördernden Parameter geben. Diese wurden aus den vorhandenen Studienunterlagen zusammengetragen. Aus den zusammengestellten Unterlagen wurden die wichtigsten ausgewählt und zusammengefasst. Aufgebaut auf die ersten Ergebnisse wurde die Suche systematisch, vertiefend fortgesetzt, wobei die relevanten Informationen thematisch gegliedert ausgearbeitet wurden. Parallel dazu wurde anhand der, in den gelesenen Artikeln angegebenen, weiterführenden Literatur mittels Schneeballprinzip nach weiteren thematisch passenden Fachartikeln gesucht.

Bei der vorgenommenen Literaturstudie wurden ausschließlich Dokumente verwendet, welche den wissenschaftlichen Ansprüchen entsprechen. Konkret wurden vor allem Studienunterlagen, Masterarbeiten und Dissertationen, Artikel aus Fachzeitschriften und branchenbezogenen Zeitschriften, Lehrbücher sowie einschlägige Fachbücher verwendet.

Zu den Themen Prozessdefinition von Waldlawinen und geographische und topographische Bedingungen konnte ausreichende Literatur gefunden werden. Kritischer zu sehen ist das Hauptthema der vorliegenden Arbeit, die Erhebung der forstlichen Parameter. Im forstlichen Bereich wurde größtenteils Sekundärliteratur gefunden, welche sich auf wenige, bereits alte Quellen bezieht. Deshalb beschäftigt sich ein großer Teil der vorliegenden Arbeit mit dem, im Zuge der Vorstudie des flächenwirtschaftlichen Projektes im Schutzwaldgebiet Loser, aufgenommenen Fallbeispiel, welches den Einfluss verschiedener Bestandesparameter anhand eines konkreten Fallbeispiels untersucht.

In Tabelle 1 ist ein Überblick über alle relevanten, gelesenen Artikel zum Thema Bestandesparameter dargestellt. Die ermittelten Bestandesparameter wurden in gesamt 15 Gruppen unterteilt und anschließend eine Reihung aller erhobenen forstlichen Parameter vorgenommen.

Tabelle 1: Bestandesparameter

Autor	Bestandesaufbau	Lückenbreite	Lückentiefe	Totholz	Baumarten	BHD	Baumhöhe	Deckungsgrad	Stammzahl	Baumalter	Vegetation	Verbiss	Interzeption	Stahlungshaushalt	Windverhältnisse
Bebi, Kulakowski, & Rixen (2009)															
Kajimoto, Daimaru, Okamoto, Otani, & Onodera (2004)															
Mears (1975)															
Johnson E. A. (1987)															
Schöneberger (1978)															
Schneebeili & Bebi (2004)															
Salm (1978)															
McClung D. (2001)															
Frehner, Wasser, & Schwitter (2005)															
Butler & Malanson (1985)															
Perzl F. (2005)															
Höller P. (2007)															
Perzl F. (2008)															
Bebi, Hug, & Kreilinger (2014)															
Margreth (2004)															
Meyer-Grass & Schneebeili (1992)															
Wakabayashi (1971)															
Collin (2014)															
Zenke B. (1985)															
Zenke & Konetschny (1988)															
Schima, Grieshofer, & Starsich (2016)															
Schwitter (2011)															
Schwitter (2002)															
Noack, Schönenberger, & Thee (2004)															
Bühler, et al. (2013)															
Brang & Hallenbarter (2007)															
Kupferschmid, Brang, Bugmann, & Schönenberger (2004)															
Initiative Schutz durch Wald (ISDW) (2010)															
Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli (2004)															

Autor	Bestandesaufbau	Lückebreite	Lückentiefe	Totholz	Baumarten	BHD	Baumhöhe	Deckungsgrad	Stammzahl	Baumalter	Vegetation	Verbiss	Interzeption	Stahlungshaushalt	Windverhältnisse
Bebi, Grêt-Regamey, Rhyner, & Ammann (2004)															
Eisl (2010)															
Höller P. (1992)															
Brang (2002)															
Bebi (1999)															
Burkard (1992)															
Duc, Brändli, & Brassel (2004)															
Höller P. (1992)															
Maukisch, et al. (1996)															
Merwald (1984)															
Brang & Lässig (2000)															
Frey & Patrick (2002)															
Schöneberger (2002)															
Wunder & Brang (2003)															
Schneebeli & Meyer-Grass (1992)															
Fiebiger (1978)															
Ehrenfeldner (2005)															
Perzl F. (2006)															
Mayer & Ott (1991)															
Ammann (2006)															
Gabl & Lackinger (2000)															
Weir (2002)															
Pfister & Schneebeli (1999)															
Laatsch (1977)															
Dobbertin (2002)															
Smith & McClung (1997)															
Schöneberger, Noack, & Thee (2005)															
Butler D. R. (1979)															
Johnson E. A. (1987)															
Kajimoto, Hiromu, Toru, & Tatsuya (2004)															

Autor	Bestandesaufbau	Lückenbreite	Lückenlänge	Totholz	Baumarten	BHD	Baumhöhe	Deckungsgrad	Stammzahl	Baumalter	Vegetation	Verbiss	Interzeption	Stahlungshaushalt	Windverhältnisse
Newesely, Tasser, Spadinger, & Cernusca (2000)															
Satterlund (1967)															
Schmidt & Gluns (1991)															
Leonard & R. (1968)															
McClung & Schaerer (2006)															
Miller (1964)															
Aulitzky (1988)															

Parallel zu der umfangreichen Literaturrecherche fand die Arbeit an einer konkreten Fallstudie statt und es folgte ein anschließender Vergleich der Ergebnisse aus der Literaturstudie mit den eigenen erhobenen und statistisch ausgewerteten Ergebnissen.

# Untersuchungsgebiet

## Lage des Untersuchungsgebietes

Bei dem gewählten Untersuchungsgebiet handelt es sich um eine Waldfläche der Österreichischen Bundesforste AG, welche sich in der steirischen Gemeinde Alt Aussee befindet. Der untersuchte Standorts- und Objektschutzwald liegt nördlich der Gemeinde Alt Aussee sowie des Altausseer Sees auf der Südseite des Losers. Das Gebiet erstreckt sich über eine Seehöhe von 770 bis 1530 m ü. A. und umfasst eine Gesamtfläche von 260 Hektar. Das Projektgebiet erstreckt sich vom Lawinenstrich der Killerlawine im Osten bis hin zum Brandwiesgraben im Westen. Die untere Grenze des Projektgebietes läuft in etwa entlang der BlaasträÙe, die obere Grenze befindet sich an der natürlichen Waldgrenze entlang der Loser-Südwand. Die Loser-Panoramastraße sowie auch mehrere ForststraÙen führen durch das Gebiet. Der Loser ist zudem durch das Schigebiet „Skiresort Loser Alt Aussee“ geprägt. Westlich der Loser-Panoramastraße befinden sich eine Liftanlage sowie auch zwei Schiabfahrten, welche mittig durch das Projektgebiet führen. Diese beginnen im oberen Bereich beziehungsweise knapp oberhalb der Projektgebietsgrenze und enden an der westlichen Untergrenze des Projektgebietes im Alt Ausseer Ortsteil Ramsau (vgl. Abbildung 1).

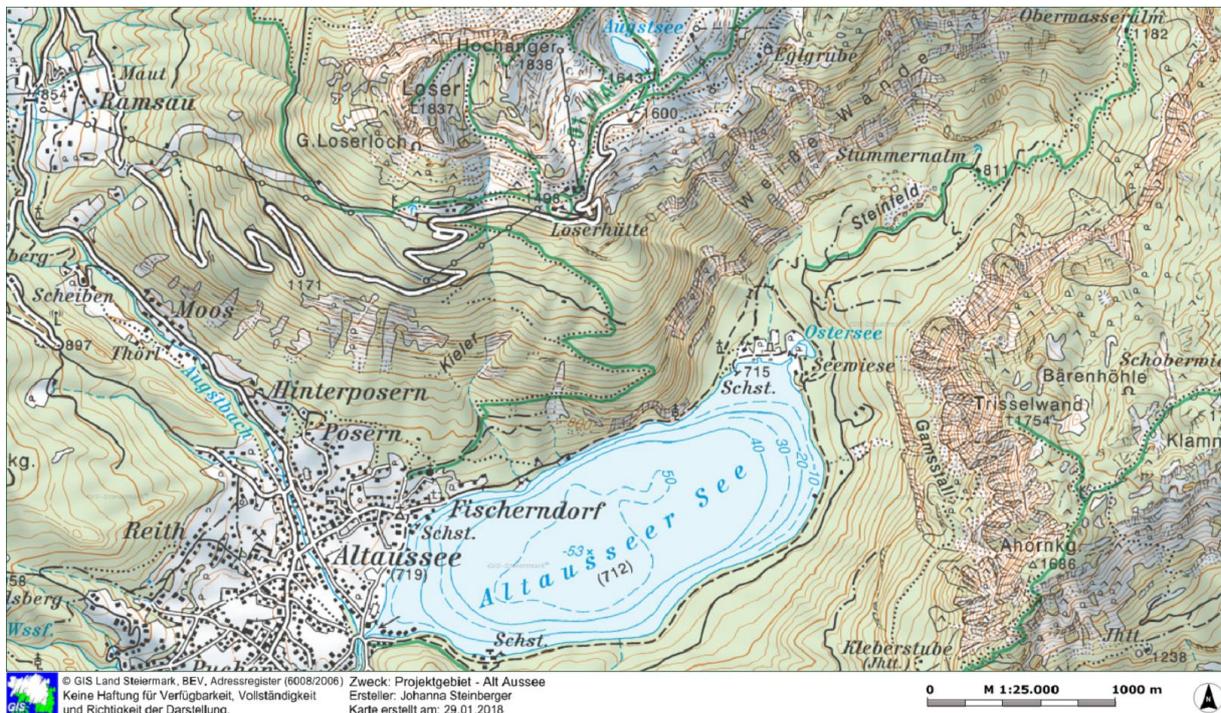


Abbildung 1: Projektgebiet - Alt Aussee (Quelle: <http://gis2.stmk.gv.at>)

## Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Losermassiv, als Ausläufer des Toten Gebirges ist ein steil nach Westen und Süden abfallendes Gebirgsmassiv, welches über den Ort Alt Aussee aufragt. Das Massiv besteht aus vier Gipfeln, dem Loser mit einer Höhe von 1838 m ü. A., dem nördlich davon liegenden Hochanger mit 1837 m ü. A. und den beiden östlich vom Loser liegenden Graskögerl mit 1761 beziehungsweise 1769 m ü. A. Von den Flanken dieser Gipfel fallen mehrere, verschieden exponierte Steilhänge in eine natürliche Senke, die sogenannte Tred. Diese Senke befindet sich auf einer Seehöhe von 1400 bis 1550 m ü. A. und geht nach unten hin in steiles, felsiges Gelände über. Am Fuß dieser Steilwände liegt eine kuppige Landschaft, welche sich über eine Seehöhe von ca. 900 m ü. A. bis 712 m ü. A. am Ufer des Altausseer Sees erstreckt. Das gewählte Untersuchungsgebiet reicht vom oberen Ende der Tred über

die kuppigen Ausläufer der Steilwände bis hin zur Blaastraße am unteren Ende (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974).

Durch die natürlich ausgebildeten Steilhänge, welche sich vom Gipfel bis knapp über Alt Aussee erstrecken, haben sich zwei große Lawinenstürze, die Killerlawine (Kielerlawine, Killerlahn) und die Donalawine, ausgebildet. Die beiden Lawinen werden meist unter dem Begriff „Loser Lawinen“ zusammengefasst und werden im nachfolgenden Kapitel „Informationen über vergangene Ereignisse“ näher beschrieben.

Unterhalb des Untersuchungsgebietes, am Nordufer des Altausseer Sees befindet sich die Ortschaft Alt Aussee mit rund 1888 Einwohnern (Stand: 1. Jänner 2019). Darüber hinaus ziehen sich verschiedene Wanderwege, Mountainbike Routen sowie auch das Schigebiet „Skiresort Loser Alt Aussee“ vom Ort ausgehend durch das Untersuchungsgebiet und hinauf bis zu den Gipfeln des Losermassives.

### Geologie des Untersuchungsgebietes

Geologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet im oberostalpinen Teil der Ostalpen (Geologische Bundesanstalt (Hrsg.), 2013) beziehungsweise in der nördlichen Zone der Kalkalpen.

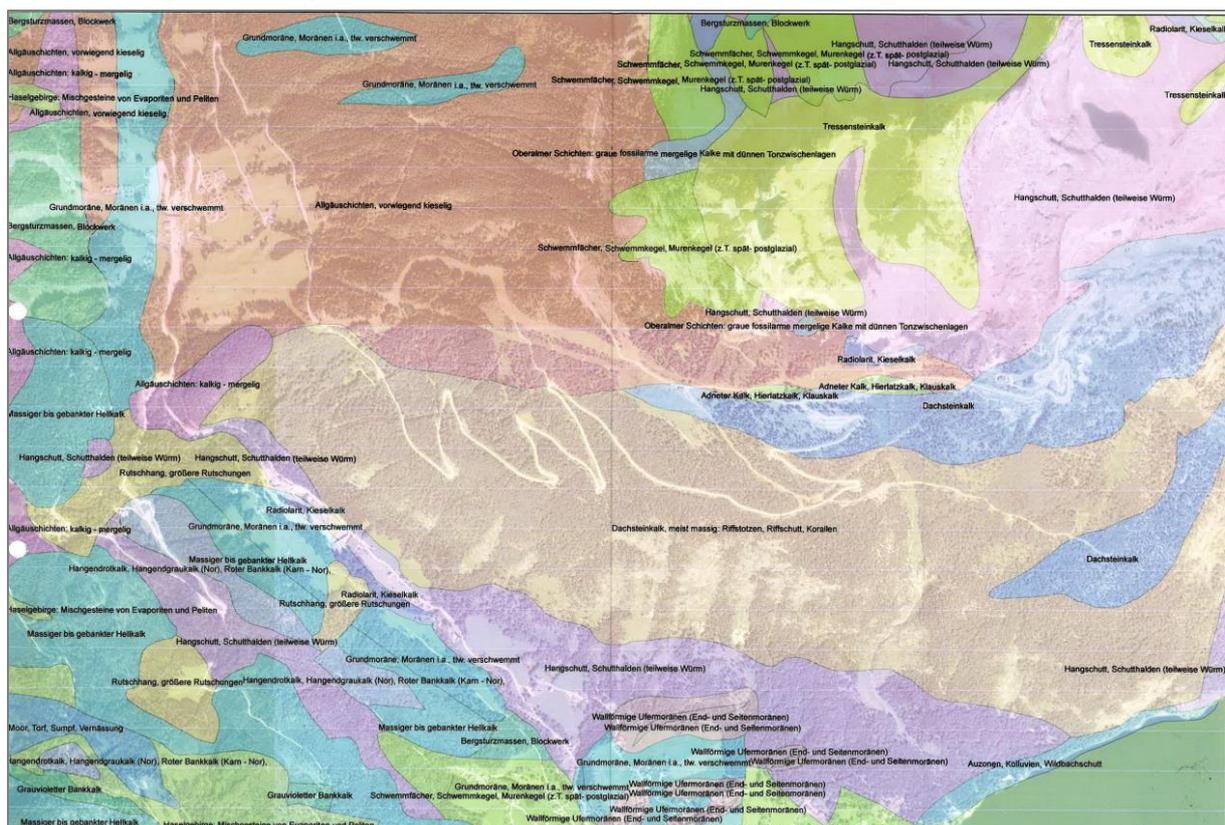


Abbildung 2: Geologische Karte Projektgebiet - Alt Aussee (Quelle: WLVB Gebietsbauleitung Liezen)

Wie in Abbildung 2 ersichtlich, besteht das Grundgestein im Projektgebiet größtenteils aus meist massigem Dachsteinkalk (Riffstotzen, Riffschutt, Korallen) sowie vorwiegend kieseligen Allgäuschichten, daneben sind zu kleinen Teilen auch spät- bis postglaziale Schwemmfächer, Schwemmkegel und Murenkegel, teilweise verschwemmte Grundmoränen, Hangschutt und Schutthalden (teilweise Würm) sowie gewöhnlicher Dachsteinkalk zu finden. Die teils mächtigen Schutthalden treten vor allem im Bereich des Lawinenkegels auf. Im Gebiet rund um die Augstalm-Loserhütte sind darüber hinaus auch Jungschuttablagerungen zu erkennen (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974, 1987).

### **Klima des Untersuchungsgebietes**

Klimatisch gesehen zählt das Gebiet um Alt Aussee mit dem dazugehörigen Losermassiv zu den niederschlagsreichsten Zonen in Österreich. Die Jahresniederschläge liegen im Bereich der Messstation Alt Aussee (850 m ü. A.) bei Werten von rund 2000 Millimeter, im Gipfelbereich des Losers noch wesentlich höher. Das Losermassiv ist sowohl im Sommer als auch im Winter durch ergiebige Niederschläge gekennzeichnet. Durch die vorherrschenden Nordwest- und Nordwinde entstehen im Winter großräumig Triebsschneeablagerungen und Wächten entlang des Massivs. Im Bereich der Anbruchzonen des Graskögerls und am so genannten Sechserfleck folgt eine zusätzliche Triebsschneeablagerung aus nordöstlicher Richtung. Durch die Höhenlage des Gebietes und die damit verbundenen tiefen Temperaturen im Spätwinter muss auch zu dieser Zeit noch mit Lockerschneeabgängen und Großlawinen gerechnet werden. Zusätzlich unterstützen die, durch die südliche Exposition vorherrschenden, klimatischen Gegebenheiten und deren Einfluss auf den Aufbau der Schneedecke den Anbruch von Lawinen (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974).

### **Aktuelle Vegetation im Untersuchungsgebiet**

Im Gipfelbereich des Losermassivs, direkt oberhalb des Untersuchungsgebietes prägen vorrangig alpine Graslandschaften mit Alpenrose sowie großflächige Latschenfelder die Landschaft. Im Bereich der Sturzbahnen der Loser Lawinen finden sich hauptsächlich Freiflächen mit vereinzelt auftretenden krummwüchsigen Bäumen und Sträuchern, wie beispielsweise Buchen und Felsenbirnen. Das Untersuchungsgebiet selbst besteht hauptsächlich aus Fichten-Tannen-Buchenwäldern und Abwandlungen von diesen. Die Bestände befinden sich in unterschiedlichen Bestandeseentwicklungsstadien, sind zum Teil bereits überaltert und weisen unter anderem auf Grund des hohen Schnee- und auch Wilddrucks kein ausreichendes Aufkommen von Naturverjüngung auf. Auch Plenterwälder sind im Untersuchungsgebiet vertreten.

### **Forstliches Wuchsgebiet**

Die Einteilung der forstlichen Wuchsgebiete Österreichs erfolgt nach Großlandschaften, welche einen weitgehend einheitlichen Klimacharakter aufweisen. In Kombination mit den Parametern Geomorphologie und Boden sowie Lage ergeben sich verschiedene natürliche Waldgesellschaften für die jeweiligen Wuchsgebiete. Das untersuchte Projektgebiet liegt im Wuchsgebiet 4.1 Nördliche Randalpen – Westteil. Das Wuchsgebiet erstreckt sich vom Bregenzer Wald über Außerfern, ab der Karwendel Nordabdachung ostwärts, hinaus über die Tiroler und Salzburger Kalkalpen, das Salzkammergut, das Tote Gebirge und die Flyschzone bis hin zum Steyrtal. Der tiefste Punkt liegt auf 395 m ü. A. am Bodensee, der Dachstein mit 2995 m ü. A. stellt den höchsten Punkt des Wuchsgebietes dar (Kilian, Müller, & Starlinger, 1993).

## **Klima**

Die klimatischen Bedingungen zeigen ein kühlhumides Randalpenklima, welches durch Nordwest-Staulagen („Schnürlregen“) geprägt ist. Die Niederschlagssummen können örtlich stark variieren, liegen jedoch niemals unter 1100 mm. In sub- und tiefmontanen Lagen liegen die Niederschlagssummen zwischen 1100 und 2200mm, in hochmontanen und subalpinen Lagen steigen sie auf 1300 bis 2500 mm an. Das Klima ist außerdem durch ein deutliches Niederschlagsmaximum im Sommer ausgeprägt. Mit ansteigender Seehöhe nimmt der winterliche Niederschlag zu, was zu einer Verschiebung des Hauptmaximums in Richtung Winter führt. Als logische Folge daraus ergeben sich die Niederschlagsminima im Frühling und Herbst. Die Temperaturschwankungen im Jahresverlauf sind deutlich geringer als in kontinentalen Klimagebieten. Besonders in Gebieten, in denen vermehrt Wasseroberflächen zu finden sind, wie beispielsweise im Salzkammergut lässt sich ein ausgeprägter frostmildernder Einfluss erkennen (Kilian, Müller, & Starlinger, 1993).

## **Geomorphologie**

Die Gipfel der Kalkalpenhauptkette liegen größtenteils auf einer Höhe von 2000 m ü. A. bis 3000 m ü. A., die zugehörigen Täler sind meist tief eingeschnitten. Als Grundgestein sind vor allem (Trias-) Karbonatgesteine, im Westen Dolomit und ab Salzburg Kalk vorzufinden. Im Ausseerland wird die Landschaft durch leicht verwitterbare Werfener- und Gosauschichten gekennzeichnet (Kilian, Müller, & Starlinger, 1993). Dies zeigt sich auch in der, bereits im Kapitel Geologie dargestellten und beschriebenen geologischen Karte des Untersuchungsgebietes, welche unter anderem massigen Dachsteinkalk (Riffstotzen, Riffschutt, Korallen), vorwiegend kieselige Allgäuschichten, kleine Teile von spät- bis postglazialen Schwemmfächern, Schwemmkegeln und Murenkegeln, teilweise verschwemmten Grundmoränen, gewöhnlichen Dachsteinkalk sowie auch Adneter Kalk, Hierlatzkalk und Klauskalk als Grundgesteine ausweist.

## **Böden**

Innerhalb des Wuchsgebietes kommen im Bereich der Kalkalpen hauptsächlich Rendsinen sowie Braunlehm-Rendsinen vor, welche zusammen in etwa 63 Prozent der Böden ausmachen. Daneben sind auch Kalkbraunlehme zu finden, welche ca. 24 Prozent der Böden darstellen. Auf Geschiebelehm (Moränen, etc.), Tertiär sowie Werfener Schichten können zusätzlich auch Pseudogleye (5 Prozent) und basenreiche, zum Teil kalkhaltige Braunerden (4 Prozent) vorgefunden werden. Besonders in den Tallagen sind auch Niedermoore und Anmoore zu finden (Kilian, Müller, & Starlinger, 1993).

## **Höhenstufen**

In Tabelle 2 ist die Gliederung der Höhenstufen innerhalb des Wuchsgebietes ersichtlich.

*Tabelle 2: Höhenstufen im Wuchsgebiet 4.1 Nördliche Randalpen - Westteil*

<b>Höhenstufe</b>	<b>m ü. A.</b>	
Submontan	400-600	(700)
Tiefmontan	600-800	(1000)
Mittelmontan	800-1200	(1300)
Hochmontan	(1100) 1200-1450	(1600)
Tiefsubalpin	(1300) 1450-1650	(1700)
Hochsubalpin	1650-1950	(2000)

### **Natürliche Waldgesellschaften**

Da sich das Projektgebiet über eine Seehöhe von 770 bis 1530 m ü. A. erstreckt, werden hier nur die Leitwaldgesellschaften ab der tiefmontanen Höhenstufe beschrieben. In der tiefmontanen Stufe sind als natürliche Waldgesellschaft Buchenwälder unter Beimischung von Tanne, Bergahorn, Esche und teilweise auch Fichte zu erwarten. Die Leitgesellschaft in der mittel- bis hochmontanen Stufe ist der Fichten-Tannen-Buchen Wald mit Quirl-Weißwurz (*Polygonatum verticillatum*). Oft kommt es jedoch zu einer anthropogen beeinflussten Entmischung hin zu Fichten-Tannen-Wäldern beziehungsweise Fichten-Buchen-Wäldern sowie auch zu Fichten- oder Buchenreinbeständen. Der tiefsubalpine Fichtenwald, welchem häufig ein hoher Anteil an Lärchen beigemischt ist, stellt die Leitwaldgesellschaft der tiefsubalpinen Stufe dar. In der hochsubalpinen Stufe sind als natürliche Waldgesellschaft vor allem Karbonat-Latschengebüsche mit Wimper-Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) zu erwarten (Kilian, Müller, & Starlinger, 1993).

### **Datengrundlagen**

Die Untersuchungen für die Fallstudie basieren auf den Datengrundlagen aus drei verschiedenen Quellen. Die erste Datenquelle sind räumliche Analysen der lokalen Geomorphologie ausgearbeitet am Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur, die zweite Datenquelle sind die Waldinventurdaten der Österreichischen Bundesforste AG und die dritte Datenquelle sind Informationen der Wildbach- und Lawinenverbauung zu vergangenen Ereignissen.

#### **Räumliche Analysen der lokalen Geländemorphologie (Universität für Bodenkultur)**

Als Vorbereitung auf die Vorstudie des Flächenwirtschaftlichen Projektes Alt Aussee wurden am Institut für Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur räumliche Analysen der lokalen Geomorphologie durchgeführt. Auf Basis dieser Analysen wurden mittels ArcGIS diverse Dispositionskarten in Bezug auf Lawinanrisse erstellt. Die, zur Erstellung der Dispositionskarten notwendigen Eingangsparameter wurden entsprechend dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik ausgewählt. Konkret erfolgten die räumlichen Analysen der Geländemorphologie sowie die darauf aufbauende Erstellung der Dispositionskarten in Anlehnung an die Studie „Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models“ von Bühler et al. (2013).

Die in den Dispositionskarten dargestellten, potentiellen Anrissgebiete wurden anhand der geomorphologischen Parameter Hangneigung, Krümmung und Rauigkeitsfaktor ausgeschieden. Das Geländemodell, auf dem die Berechnungen basieren, ist ein digitales Geländemodell (DEM – digital elevation model) mit einer Maschenweite von 5 x 5 Metern. Das digitale Geländemodell (DGM) wurde gewählt, da dieses im Gegensatz zum digitalen Oberflächenmodell (DOM) nur die natürliche Erdoberfläche ohne Bewuchs, Verbauungen und dergleichen darstellt. So konnten der Einfluss des Waldes und der vorhandenen Bauwerke ausgeblendet werden und im ersten Schritt unberücksichtigt bleiben. Das Ergebnis sind Dispositionskarten, welche die potentiellen Lawinanrissgebiete im Untersuchungsgebiet, ausschließlich auf Grund der geomorphologischen Merkmale und unter Außerachtlassung der Faktoren Wald und Verbauungen darstellen. Die Werte für die Eingangsparameter Hangneigung, Krümmung und Oberflächenrauigkeit stützen sich dabei auf die Studie von Bühler et al. (2013). Für die verwendeten Eingangsparameter ergaben sich dadurch folgende Grenzwerte: Es wurden Hänge mit einer Hangneigung von 28 bis 50 Grad, welche eine planare Krümmung von größer als 0 aufweisen und deren Rauigkeitsfaktor bei einem 11 x 11 Meter Fenster bei unter 0,05 m/m liegt, als lawinengefährdet eingestuft.

Auf der ersten Lawinendispositionskarte (Abbildung 3) sind die potentiellen Anrisspixel von Lawinen am Südhang des Losers, auf welchem sich das Untersuchungsgebiet befindet, ersichtlich. Die rote Abgrenzung stellt hierbei die Grenze des Untersuchungsgebietes dar. Die blau dargestellten Flächen zeigen die potentiellen Anrisspixel in Bezug auf Lawinen.

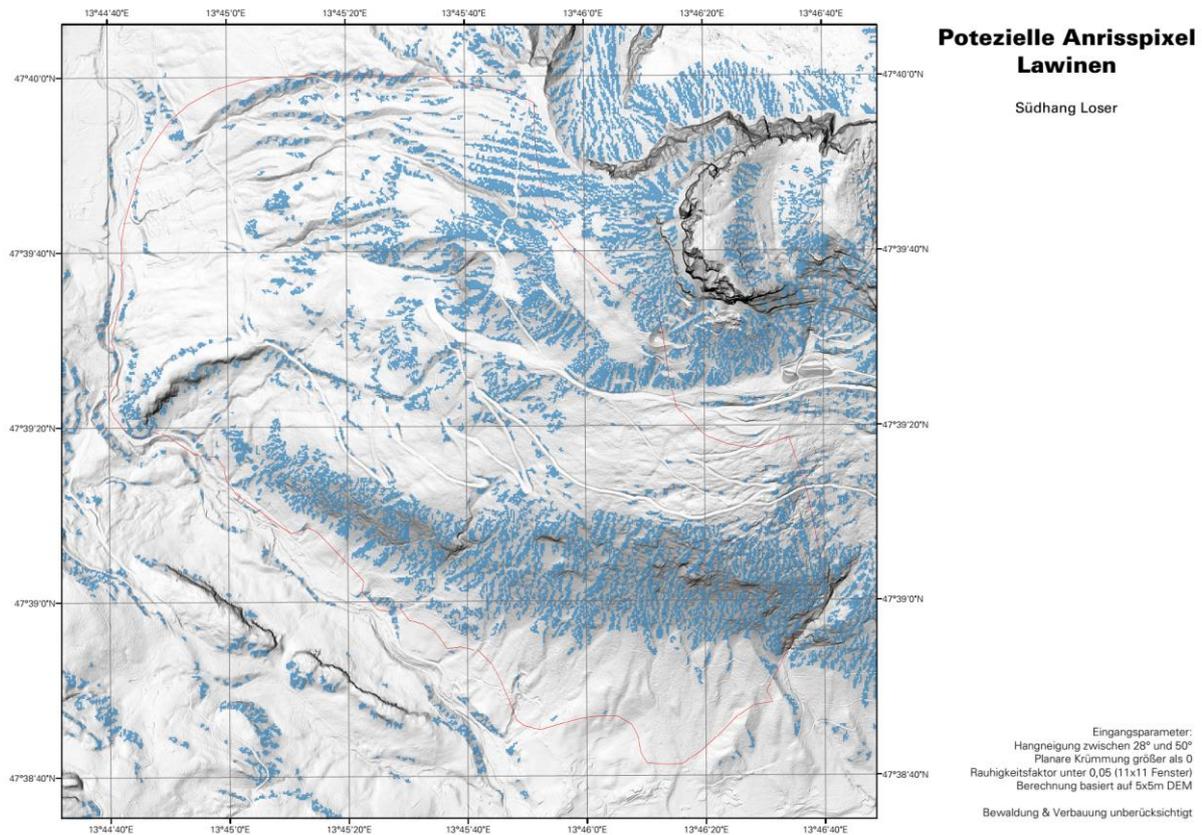


Abbildung 3: Potentielle Anrisspixel Lawinen (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren)

Abbildung 4 zeigt anhand einer zweiten Schummerungskarte ebenfalls die potentiellen Anrisspixel von Lawinen im Untersuchungsgebiet. Die rote Abgrenzung stellt wiederum die Grenze des Untersuchungsgebietes dar. Die potentiellen Anrisspixel in Bezug auf Lawinen sind in einem zweiten Schritt getrennt nach deren Exposition (in Grad) ausgeschieden worden. Das Untersuchungsgebiet liegt, wie bereits oben erwähnt am Südhang des Losers, was in der untenstehenden Karte gut ersichtlich wird. Das Gebiet erstreckt sich von Südost (112,5° bis 157,5°) in Richtung Süd (157,5° bis 202,5°) und Südwest (202,5° bis 247,5°), welche den größten Teil der Fläche einnehmen, bis hin zu westlichen (247,5° bis 292,5°) und nordwestlichen (292,5° bis 337,5°) Anrissgebieten, welche jedoch nur einen geringen Teil der Fläche bedecken.

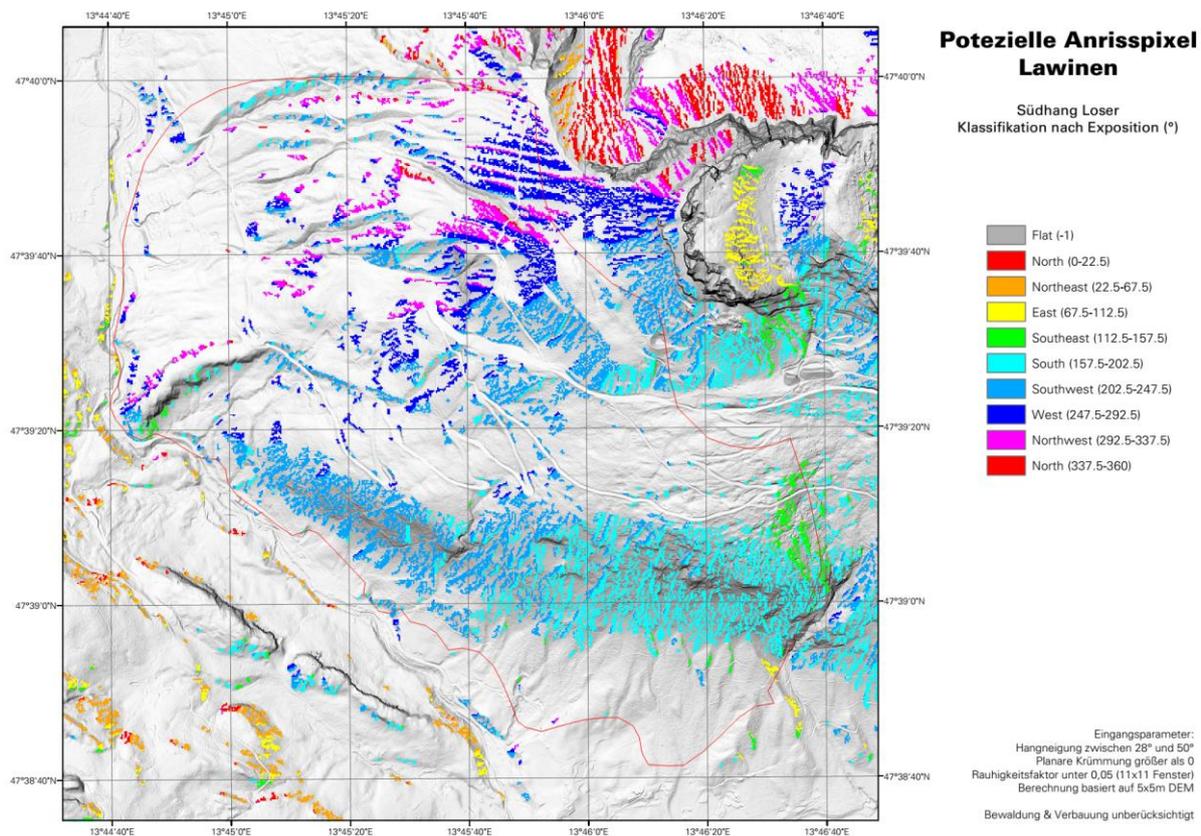


Abbildung 4: Potentielle Anrisspixel Lawinen inkl. Klassifikation nach Exposition (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren)

Im Anschluss an die Erstellung der Lawinendispositionskarten des Loser-Südhanges wurden diese mit einem Orthofoto hinterlegt (siehe Abbildung 5). Die blaue Abgrenzung stellt die Grenze des Untersuchungsgebietes dar. Die rot dargestellten Flächen zeigen wiederum die potentiellen Anrisspixel in Bezug auf Lawinen.

Durch Hinterlegung des Orthofotos wird ersichtlich, dass das Untersuchungsgebiet größtenteils von Wald bedeckt ist. Auch die Projektgebietsgrenzen (die natürliche Waldgrenze im oberen Bereich, der Lawinenstrich der Killerlawine als östliche Begrenzung, die Blaastrasse im unteren Teil sowie der Brandwiesgraben als westliche Grenze) sind auf dem Orthofoto eindeutig zu erkennen. Die großflächige Erschließung des Projektgebietes durch die Loser-Panoramastraße wie auch durch mehrere Forststraßen ist ebenfalls gut erkennbar. Zudem sind westlich der Loser-Panoramastraße die Liftanlage „Loser Jet 1“ sowie auch die zugehörige Schiabfahrt „Abfahrt 1“ als Teile des Schigebiets „Skiresort Loser Alt Aussee“ ersichtlich.

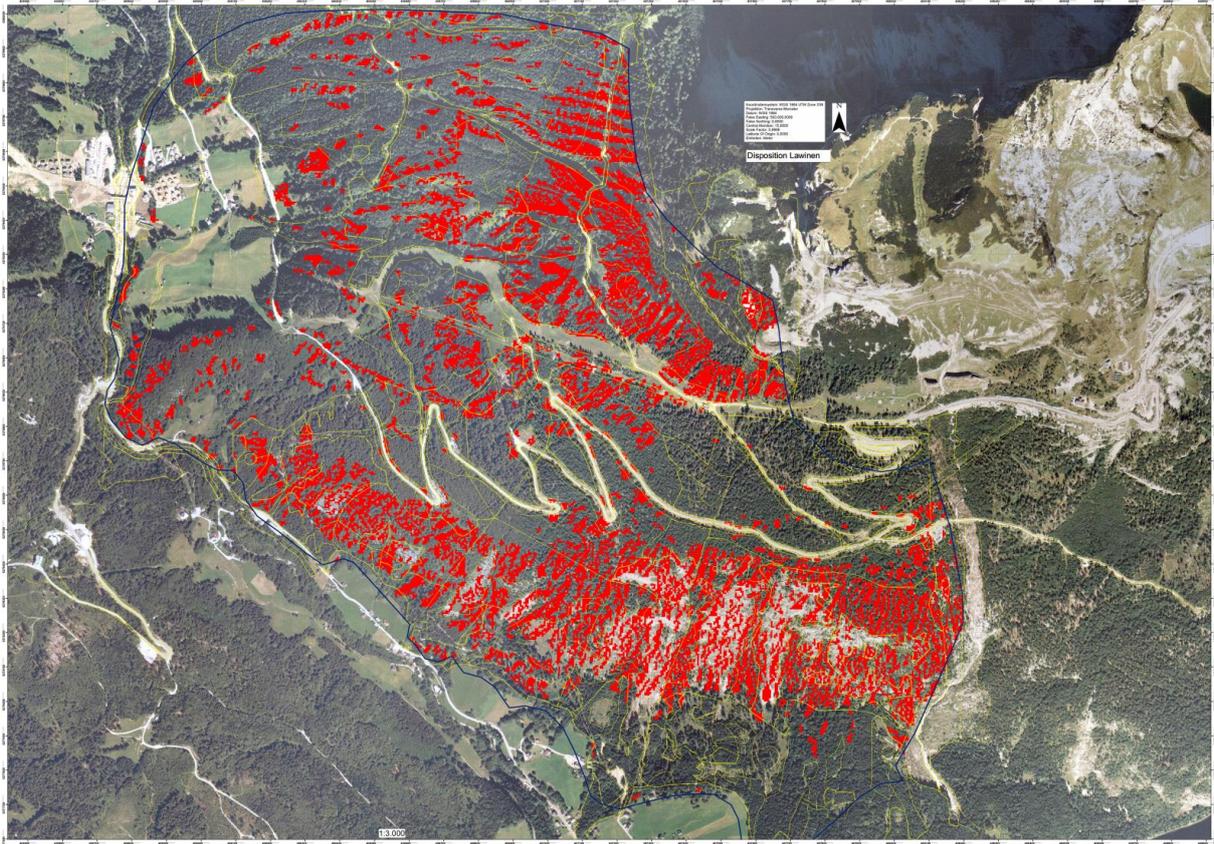


Abbildung 5: Dispositionskarte Lawinen (Quelle Institut für Alpine Naturgefahren)

Im letzten Schritt der Vorbereitungen wurde die erstellte Dispositionskarte mit den einzelnen Waldbeständen der Österreichischen Bundesforste AG verschnitten (siehe Abbildung 6). Das Ergebnis ist eine bestandesscharfe Darstellung der potentiellen Lawinenanbruchgebiete. Die Ausweisung der potentiellen Anrissgebiete auf dieser Karte basiert jedoch noch immer ausschließlich auf Basis der geomorphologischen Merkmale. Der Faktor Bewaldung des Gebietes in Zusammenhang mit der potentiellen Lawinendisposition bleibt nach wie vor unberücksichtigt. Die unten dargestellte Dispositionskarte zeigt die farbliche Gliederung der Bestände in verschiedene Kategorien beginnend bei stark gefährdet (rot dargestellte Flächen) über gefährdet (orange, gelb dargestellte Flächen) bis hin zu nicht gefährdet (grün dargestellte Flächen).

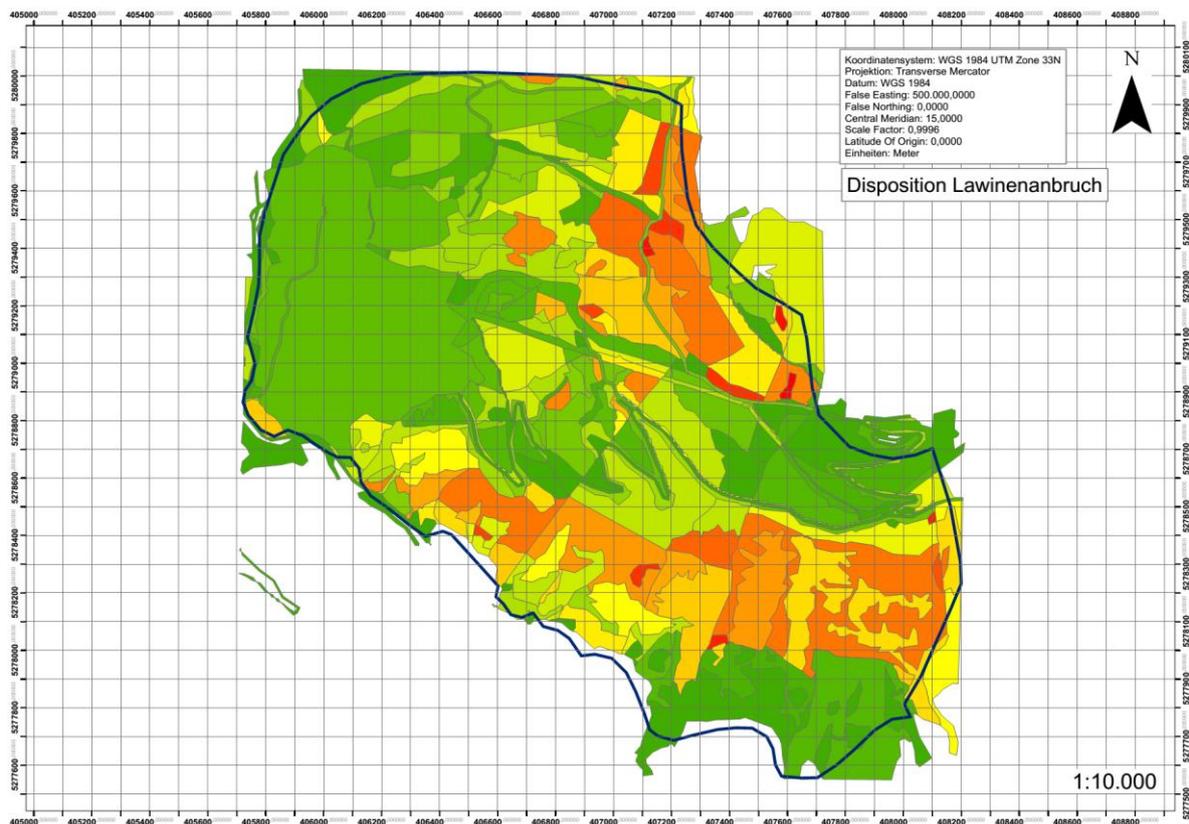


Abbildung 6: Dispositionskarte Lawinen verschnitten mit den Waldflächen der ÖBf-AG (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren)

### Waldinventurdaten (Österreichische Bundesforste AG)

Zusätzlich zur Analyse der lokalen geländemorphologischen Daten wurden im Zuge der Vorbereitung auf die Vorstudie auch die Waldinventurdaten der Österreichischen Bundesforste AG erkundet. Diese gaben als Gegenstück zu den, vom Institut für Alpine Naturgefahren untersuchten geländemorphologischen Parametern, Auskunft über die wichtigsten Bestandesparameter des Untersuchungsgebietes. Die Waldinventurdaten gliedern sich hierbei in zwei verschiedene Teile. Der erste Teil ist eine aktuelle Bestandeskarte des Untersuchungsgebietes, den zweiten Teil stellt das zugehörige Operat dar.

Innerhalb der Österreichischen Bundesforste AG wird das Untersuchungsgebiet zur Gänze dem Forstrevier Altaussee zugeteilt, welches dem Forstbetrieb Inneres Salzkammergut zuzuordnen ist. Die von der ÖBf-AG zur Verfügung gestellten Waldinventurdaten beschränken sich daher ausschließlich auf das Revier Altaussee.

Die Bestandeskarte des Forstreviers Altaussee (Abbildung 7) wurde für die Verschneidung der potentiellen Lawinenanrissgebiete mit den aktuellen Waldbeständen benötigt. Das Ergebnis ist, die bereits oben beschriebene, bestandesweise Darstellung der potentiellen Anrissgebiete von Lawinen. Die entstandene Karte (Abbildung 6) dient als Grundlage für die Untersuchung des Geländes vor Ort, da auch die Erhebungen auf Bestandesbasis erfolgen.

Auf der Bestandeskarte ist die Heterogenität des Untersuchungsgebietes sehr gut erkennbar. Die einzelnen Farben der Bestände stellen, wie in der Legende ersichtlich, die unterschiedlichen Altersklassen der Bestände innerhalb der Versuchsfläche dar. Es ist erkennbar, dass auf der Fläche jede Altersklasse (Altersklasse 1 bis Altersklasse 8) vertreten ist. Darüber hinaus befinden sich auch mehrschichtige Bestände sowie Flächen auf denen kein Wald stockt im Untersuchungsgebiet. Insgesamt wurden 95 Bestände innerhalb der Versuchsfläche ausgewiesen.

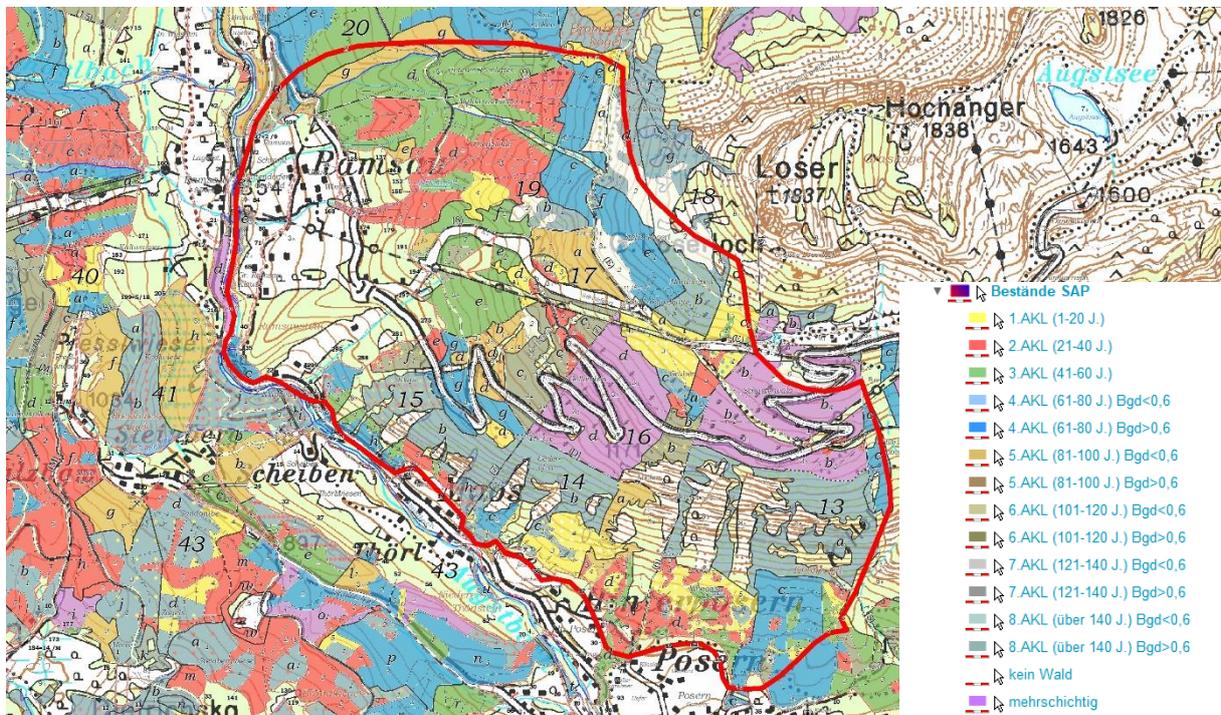


Abbildung 7: Ausschnitt Bestandeskarte (Quelle: eigene Darstellung nach ÖBf-AG)

Für jeden der ausgewiesenen Bestände gibt es ein Datenblatt im zugehörigen Operat der Österreichischen Bundesforste AG. Die einzelnen Datenblätter enthalten alle, für die Bewirtschaftung notwendigen Informationen. Dies sind einerseits Standortdaten, also die Zuordnung zum jeweiligen Forstbetrieb (FB) und Forstrevier (FR), die Betriebsklasse, die Laufzeit des Operates, die Exposition (Exp.), die Neigung in Grad (Neig °), die Seehöhe (Seeh.), die Standortseinheit (STOE), der Vegetationstyp (VTyp), Informationen über eventuell vorhandene Biotop, die Flächengröße in Hektar sowie der Waldort. Andererseits sind die Bestandesdaten, genauer die Alters- und Baumartenanteile (Aant, Ater, Ba.Ant., B.art), die Ertragsklasse der jeweiligen Artenanteile (EKL), der Bestockungsgrad (BG), der Gesamtbestockungsgrad (Ges.BG), die Vorratsfestmeter pro Hektar getrennt nach Laubholz und Nadelholz, die Vorratsfestmeter am Ort getrennt nach Laubholz und Nadelholz, die Gesamtvorratsfestmeter (Vfm je ha, Lh, Nh, Gesamt), das Vorhandensein von Überhältern getrennt nach Nadelholz und Laubholz (UEN, UEL), der Schälgrad (SG), der Verbissgrad (VG) und die Gefährdung des Verjüngungsziels (SV) sowie die Klassifizierung nach Wirtschaftswald in Ertrag (A), Schutzwald in Ertrag (B) und Schutzwald außer Ertrag (C) dargestellt. Ein Auszug aus den Operatsdaten ist in Abbildung 8 ersichtlich.

FB 176 / 0	FR 4	Botr.klasse 01812_20	Laufzeit 2011 2020		Exp. S	Naug. 25	Seeh. 800	STOE 22	Vtyp SV	Biotop	Fläche in Hektar	0,99	Waldort Abteilung / Untarabt. Teilfläche					123013	C5										
Aant	Alter	Ba.Ant	B.art	Ekl.	BG	Ges.BG	Vfm je ha			Vfm am Ort			UEL	UEN	SG	VG	SV	A	B	C	I	K	L						
100	10	80	FI	7,00	0,50	0,50	Lh	Nh	Gesamt	Lh	Nh	Gesamt	0	10	0	0	0	0											
100	10	20	ES	5,00	0,50	0,50	2	20	23	2	20	22																	
0	0	0	UEN			0,50	M																						
NuArt																													
All LH NH Ges. E F G H Text																													
UE 0,50 0 10 10 2 0 2 5																													
EG 0,40 0 0 0 1 0 1 0 mit LA, FI zu BZ: 3LA 5FI 2LH																													
BE stk vergrast, MB, ein LA, unglalt																													

Abbildung 8: Auszug - Operat (Quelle: ÖBf-AG)

Die Operatsdaten stellen, neben der mit den Bestandesflächen der ÖBf-AG verschnittenen Lawinendispositionskarte, die wichtigste Datengrundlage für die Außenaufnahmen dar. Sie dienen als Grundlage zur Erkennung und Charakterisierung der Bestände sowie auch zur Kontrolle der erhobenen Parameter.

### Informationen über vergangene Ereignisse (Forsttechnischer Dienst der WLW)

Die Informationen des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung – Gebietsbauleitung Liezen stehen nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Aufnahmen für das Flächenwirtschaftliche Projekt Alt Aussee. Sie dienen vorrangig der ergänzenden Gebietsbeschreibung sowie der Beschreibung der großen Schadlawinen des Untersuchungsgebietes mit den zugehörigen Bauwerken.

Wie bereits im Kapitel „Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes“ erwähnt, besteht das Losermassiv aus vier Gipfeln: dem Loser, dem Hochanger und den beiden Graskögerl. Ausgehend von den Steilhängen dieser Gipfel lösen sich regelmäßig zwei große Schadlawinen, die Killerlawine und die Donalawine, welche unter dem Namen Loser Lawinen zusammengefasst sind. Das Gefährdungsgebiet der Killerlawine umfasst den Alt Ausseer Ortsteil Fischerndorf mit mehreren Wohn- und Wirtschaftsobjekten sowie auch diversen Wander- und Spazierwegen. Der Gefährdungsbereich der Donalawine erstreckt sich über den Alt Ausseer Ortsteil Hinterposern, die öffentliche Talstraße entlang des Augstbaches, welche über die Blaa-Alm ins Rettenbachtal und weiter nach Bad Ischl verläuft sowie auch über die von ihr abzweigende Salzkammergut-Panoramastraße, die auf den Loser führt (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974/1975). Neben den beiden Großlawinen wird in der jüngeren Vergangenheit (ab ca. 1980) oft auch die Graskögerllawine zu den Loser-Lawinen gezählt.

Die Killerlawine (Kielerlawine, Killerlahn) hat, wie in Abbildung 10 ersichtlich, ihren Ursprung an mehreren Stellen des Losermassives und umfasst ein Anbruchgebiet von insgesamt ca. 10 Hektar. Die Abstürze und Steilhänge der Lawinenbahn weisen Hangneigungen von 80 bis 120 Prozent auf. Die Zentralpunkte der größeren Lawinenabgänge sind die Loser-Südostflanke (östliche Grenze des Untersuchungsgebietes), der Hochanger-Südabfall („Bachschläg“) und die Graskögerl-Südwestabhänge. Von diesen Gebieten aus stürzen die Lawinen in die nach Süden hin abflachende Mulde zwischen der Augstalm im Westen und der Loserschutzhütte im Osten. Kleinere Lawinen kommen in diesem Gebiet zum Stillstand, Großlawinen überfahren die Senke häufig und stürzen über die darunterliegenden Steilwände bis hin zum abflachenden Auslaufgebiet am Ufer des Altausseer

Sees. Die horizontale Länge der Lawinenbahn beträgt bis zu 1900 Meter (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974).

Das Anbruchgebiet der Donalawine (Donnerlahn, im oberen Bereich Gruberlahn, Gruberlawine) befindet sich, wie in Abbildung 9 ersichtlich, an den vorspringenden Felsbänken direkt am Fuß der Loserwände. In deren Mulden kommt es häufig zu mächtigen Tribschneeanhäufungen und damit verbunden oft auch zu Lawinenanbrüchen. Ein weiterer Auslösefaktor von Lawinen sind Stein- und Schneestürze aus den direkt über den Felsbänken liegenden Loserwänden („Loserflecke“). Das Anbruchgebiet umfasst eine Größe von ca. 0,75 Hektar und gliedert sich in zwei voneinander unabhängige Anbruchzonen, wobei aus der westseitigen Anbruchzone vermehrte Lawinenabgänge zu beobachten sind. Die Lawinen folgen von ihren Anbruchgebieten aus derselben Sturzbahn. Diese führt zu Beginn über 50 bis 90 Prozent steile, unbewachsene Hänge. Danach treffen die Lawinen auf den darunter liegenden Schutzwald auf. In etwa 250 Meter oberhalb des darauffolgenden Steilabfalles entwickeln sie sich hin zu einer fächerförmigen Großlawine. Von dort an folgt die Lawine der kuppigen und von mehreren Gräben durchzogenen Waldfläche, bis sie anschließend auf eine Steilstufe trifft. Nach den Steilhängen gelangen die Lawinen im Auslaufbereich an den Talgrund, an dem sich sowohl bewaldete Flächen als auch Siedlungsgebiete befinden. Die horizontale Länge der Lawinenbahn wird mit bis zu 1600 Metern bei einer Höhendifferenz von 850 Metern angegeben. Auf Grund der fächerförmigen Struktur, welche die Lawine in der Sturzbahn annimmt, ergibt sich eine breite Ausdehnung des Gefährdungsbereiches von bis zu 500 Metern (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1975).

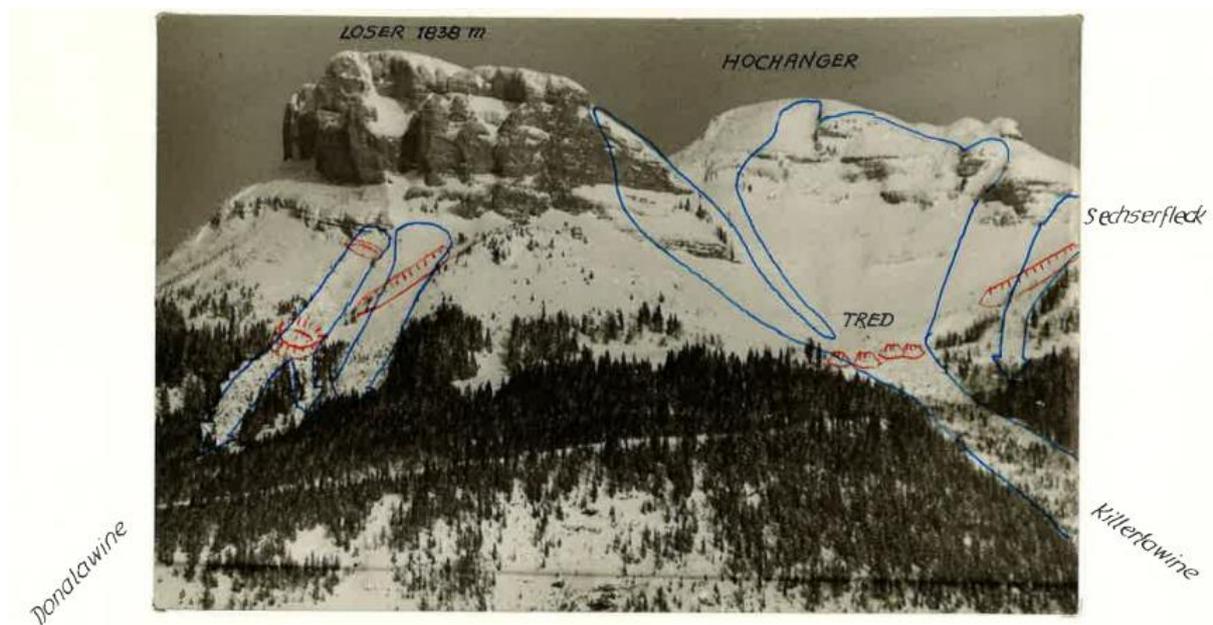


Abbildung 9: Gesamtansicht der Loser-Südabfälle (Quelle: Archiv der WLV)

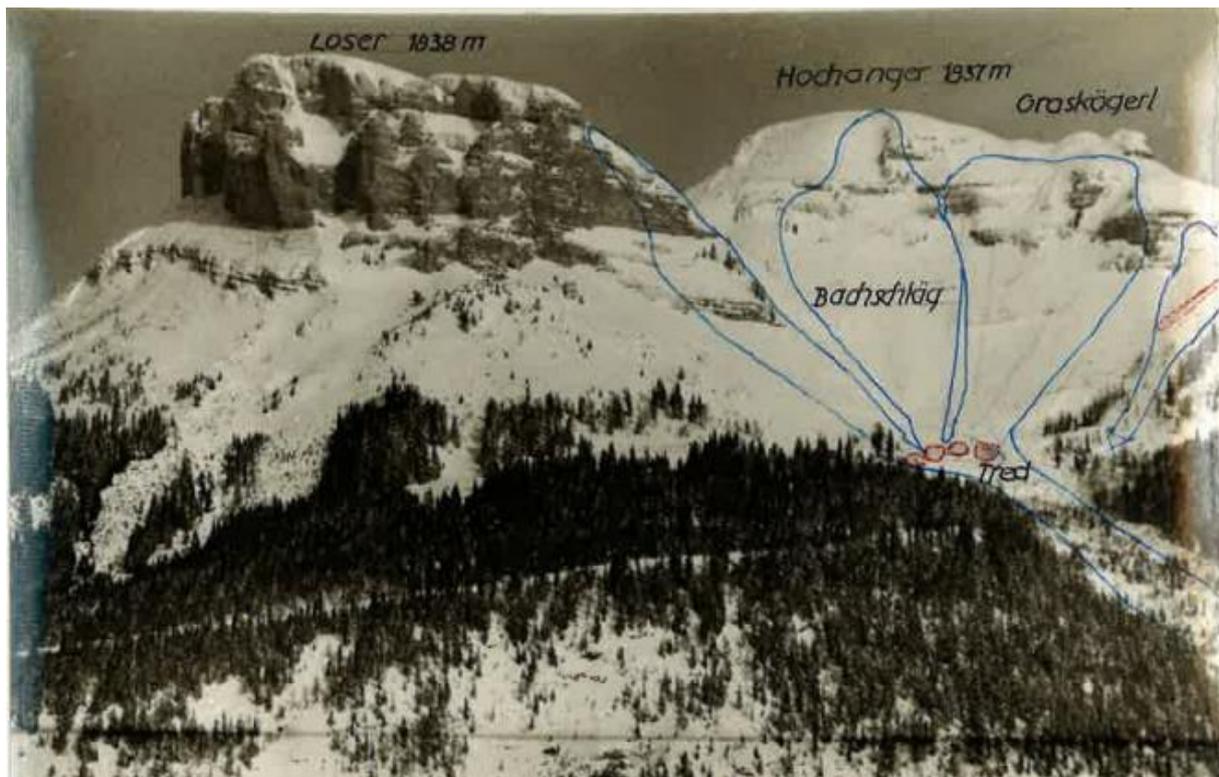


Abbildung 10: Loser - Hochanger - Graskögerl mit skizzierten Lawinenzügen; 1973 geplante Verbauungen rot umrissen. Blick gegen Norden (Quelle: Archiv der WLV)

### ***Chronologie der Lawinenabgänge***

Die erste aufgezeichnete Lawine, über welche es Informationen im Archiv des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung gibt, ereignete sich nach Überlieferungen im Jahr 1770. Dabei soll es sich um den Abgang einer „Riesenlawine“ vom Loser handeln, bei dem zwei Bauernhöfe in Alt Aussee zerstört wurden und fünf Personen ihr Leben verloren.

Eine weitere Großlawine soll nach Überlieferungen im Jahr 1820 abgegangen sein. Über diese sind jedoch keine näheren Details bekannt.

Weitere große Lawinenstürze, welche bis ins Tal gelangten wurden in den Jahren 1898, 1904 und 1944 verzeichnet. Bei dem Lawinenabgang im Jahr 1944 wurde ein Großteil der Waldfläche am Fuß des Berges zerstört, darüber hinaus wurden auch mehrere Wirtschaftsgebäude beschädigt. Nach Berichten von Augenzeugen sollen sogar Bäume am gegenüberliegenden Seeufer entwirfelt worden sein.

Im Februar 1973 wurde ein deutscher Student, welcher sich auf dem Touristensteig zur Loserschutzhütte befand, bei einem kleineren Lawinenabgang getötet. Solche kleinen und auch mittleren Lawinenabgänge werden im Gebiet des Losermassives beinahe jedes Jahr, mehrmals jährlich verzeichnet. Diese enden meist in der bereits oben beschriebenen Tred, welche sich nicht weit unter der Loserschutzhütte befindet (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1974).

Weitere kleine und mittlere Lawinen, welche jedoch nicht bis ins Tal gelangt sind, ereigneten sich in den Jahren 1973 und 1974. Diese lockerten den Schutzwald im Bereich der Loser Lawinen weiter auf und verursachten an vielen Stellen großflächige Freiflächen sowie auch Lücken.

## ***Verbauungsgeschichte***

Die Planung der Verbauung der beiden Loser-Lawinen begann im Jahr 1973. Grund dafür war der damals verstärkt aufkommende Tourismus im Großraum von Alt Aussee. Vor allem der Wintertourismus in Form von Schiwanderungen und Eissport rund um den Altausseer See führte zu einer stärkeren Frequentierung des Ortes. Dadurch gewann auch die Gefahr bei Lawinenabgängen zunehmend an Bedeutung. In den darauffolgenden Jahren kamen darüber hinaus die vermehrte Siedlungstätigkeit, neue Arbeitsplätze und der immer noch wachsende Tourismus als Gründe für die Verbauung der Lawinen hinzu. Zusätzlich stellte auch die Auflichtung und teilweise Auflösung des Schutzwaldes ein erhebliches Problem dar, welchem entgegengewirkt werden musste.

Das erste Bauprogramm stammt aus dem Jahr 1973. Dieses Bauprogramm hatte die Verbauung der Killerlawine zum Ziel. Nachdem eine Stützung der Schneedecke im Anbruchgebiet der Lawine auf Grund der Weitläufigkeit des Gebietes (ca. 10 ha) und des damit verbundenen enormen Aufwandes nicht umsetzbar war, wurden Verbauungen im Bereich der Sturzbahn vorgeschlagen. Vorgesehen waren Brems- und Auffangwerke in der Senke zwischen Augstalm und Loserhütte, der sogenannten Tred. In diesem Bereich war die Brems- und Auslaufstrecke verhältnismäßig kurz, wodurch die aufprallenden Schneemassen bestmöglich gebremst und aufgefangen werden konnten. Ein weiterer Vorteil der Tred war, dass hier alle Lawinen, mit Ausnahme der Sechserflecklahn ihr Auslaufgebiet hatten. Die vom Sechserfleck anbrechende Lawine sollte im Zuge der Verbauung ebenfalls in Richtung Tred abgelenkt werden, jedoch unter Berücksichtigung des damals schon bestehenden Schutzwaldes im Westen der Loserhütte. Konkret waren vier Brems-Auffangwerke sowie ein Ablenkdamms geplant. Die Ausführung der Bremsauffangwerke erfolgte mit anstehendem Material sowie maschinell verlegten Steinsätzen an der lawinenzugekehrten Fläche. Die Scheitelhöhen wiesen auf Grund der erwarteten Schneelagen 8 bis 10 Meter auf. Das verwendete Schüttmaterial wurde bergseitig entnommen, um die Größe der Auffangdämme zusätzlich zu erweitern. Der in etwa 90 Meter lange Ablenkdamms wurde ebenfalls mit anstehendem Material ausgeführt. Auf die geplanten Steinsätze an den Abweisflächen wurde wegen Mangels an geeignetem Material verzichtet.

Die Anordnung der Brems-Auffangwerke wurde nach der erwarteten, größten Wirkung und unter bestmöglicher Ausnutzung der Eingriffsfläche vorgenommen. Nach Fertigstellung wurden die Bauwerke begrünt, um sich in das bestehende Landschaftsbild einzufügen. Interessant war damals die Gemeinde Alt Aussee, da sich zu dieser Zeit mehr als 24 bewohnte Zweifamilienhäuser, eine bewirtschaftete Gaststätte, ein großes Wirtschaftsgebäude sowie auch mehrere kleine Hütten und Schuppen im Einzugsgebiet der Lawine befanden. Als schützenswert galt auch die Waldfläche, welche sich aus ca. 10 bis 12 Hektar Wirtschaftswald und ca. 15 Hektar Schutzwald im Besitz der Österreichischen Bundesforste AG zusammensetzte. Zuletzt befanden sich auch zwei stark frequentierte Wanderwege und eine Privatstraße im Gefährdungsbereich. Die Zunahme der touristischen Nutzung des Gebietes spielte bei den Überlegungen ebenfalls eine Rolle. In diesem Zusammenhang war es neben der Schutzfunktion der Bauwerke auch wichtig das Landschaftsbild zu bewahren. Das Projekt wurde in den Jahren 1974/75 umgesetzt.

Das zweite Bauprogramm 1974/75 zielte auf die Verbauung der Donalawine ab. Im Gegensatz zum Anbruchgebiet der Killerlawine weist das Anbruchgebiet der Donalawine nur ein geringes Flächenmaß von ca. 0,75 Hektar auf. Deshalb schien eine Verbauung im und unmittelbar unter dem Anbruchgebiet als sinnvoll. Die Schneedecke sollte bereits im Anbruchgebiet gebunden und gestützt beziehungsweise direkt darunter aufgefangen werden. Dadurch sollten Sturzbahnen, welche bis ins Tal führen, verhindert werden. Darüber hinaus sollte die Verbauung auch den Effekt haben,

dass sich der in der Sturzbahn liegende Schutzwald wieder erholen kann. Eine Verbauung der Sturzbahn erschien hingegen als nicht sinnvoll, da der Verlauf der Sturzbahn im Bereich der Donalawine stark variiert. Geplant war eine Kombination aus Stütz-, Lenk- und Auffangverbauungen in der waldfreien Zone. Diese sollten sich vom Bereich des Anbruchgebietes unmittelbar unterhalb der Loserwände, über die waldfreie Sturzbahn bis hin zur oberen Grenze des Schutzwaldes erstrecken. Die Verbauungen sollten einerseits die mächtigen Tribschneemengen im westlichen Teil des Anbruchgebietes an geeigneten Stellen abstützen, andererseits den Anbruch im Gebiet der schwer erfassbaren Tribschneemengen im östlichen Teil durch Überleitung in einen gemeinsamen Fallboden entschärfen. Konkret waren ein Lawinenfallboden, eine Schneestützmauer sowie ein Lawinenablenkdamm geplant. Der Lawinenfallboden, welcher einen Fassungsraum von rund 15.000 Kubikmeter aufweist, wurde mit anstehendem Material hergestellt. Die in etwa 45 Meter lange und 8 Meter hohe (wirksame Höhe 5 bis 6 Meter) Schneestützmauer wurde in Drahtschotterbauweise ausgeführt und hinterfüllt. Der ca. 80 Meter lange Lawinenablenkdamm wurde ebenfalls mit anstehendem Material hergestellt. Im Anschluss wurden Rekultivierungsarbeiten auf den beanspruchten Flächen durchgeführt. Die Anordnung der Verbauungen erfolgte angepasst an die vorherrschenden Geländegegebenheiten. Der Ablenkdamm wurde hierbei so errichtet, dass er eine Lücke zwischen zwei natürlichen Rücken schloss. Die Errichtung von gegliederten Stützelementen wurde auf Grund von erwarteten Steinschlägen und Felsstürzen nicht als sinnvoll erachtet. Da sich der gesamte Eingriffsbereich im Landschaftsschutzgebiet Altaussee-Loser befindet, wurden die errichteten Bauwerke nach deren Fertigstellung begrünt. So konnten sie in weiterer Folge gut in das Landschaftsbild integriert werden. Interessent war auch bei diesem Bauvorhaben die Gemeinde Alt Aussee. Grund dafür waren die zu schützenden Objekte auf Gemeindegrund. Dabei handelte es sich um einen Bauernhof mit Wirtschaftsgebäuden, neun Einfamilienhäuser mit zugehörigen Nebenobjekten, ein kleines Sägewerk und die Wasserversorgungsanlage Posern mit Ozonierungstrakt. In der bedrohten Siedlung hielten sich zu diesem Zeitpunkt saisonabhängig 19 bis 34 Personen auf. Darüber hinaus befanden sich im Gefährdungsbereich ca. 10 Hektar Wirtschaftswald und 4 Hektar Schutzwald im Besitz der Österreichischen Bundesforste AG. Dazu kamen vermehrt Wintersportler, welche das Gebiet touristisch nutzten. In diesem Zusammenhang spielte wiederum auch die Erhaltung Landschaftsbildes eine große Rolle (Fosttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1975).

Im Jahr 1976 gab es das erste ergänzende Bauprogramm im Bereich der Killerlawine. Grund dafür war, dass Abspaltungen von lockeren Fließlawinen zwischen den Auffangwerken hindurchdrangen und erst etwa 100 Meter nach den Auffangwerken zum Stillstand kamen. Aus diesem Grund wurde das Auffangwerk lagemäßig angepasst und in seinem Grundriss vergrößert, um so einen bestmöglichen Brems-Auffangeffekt zu erzielen. Wie bereits bei den vorangegangenen Bauwerken erfolgte auch hier eine anschließende Begrünung, um das Bauwerk möglichst gut in das Landschaftsbild zu integrieren. Interessent war wiederum die Gemeinde Alt Aussee (Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1975).

Die Loserstraße Bau- und Betriebsgesellschaft errichtete im Jahr 1978 im Bereich der Gruberlahn und der Augstalm sowie 1979 im Bereich Hochanger (Killerlawine, Graskögerllawine) je eine Sprengseilbahn zur Sicherung der Schiabfahrtsstraße. Diese sollten nach starken Schneefällen oder Schneeverfrachtungen zur künstlichen Lawinenauslösung vor Betriebsbeginn der Liftanlagen dienen und die Anhäufung von großen Schneemengen in den betroffenen Teilen der Anbruchgebiete verhindern (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1987).

Im Jahr 1982 wurde das Bauprogramm zur Lawinensicherung der Doppelsesselbahn Loser II durch eine Stützverbauung der Graskögerlawine ausgearbeitet. Diese sollte den Bereich der Bergstation der Doppelsesselbahn Loser II und den, damals in der Planung befindlichen Schiweg zum Schilift Loserfenster schützen. Insgesamt wurden vier Werksreihen von Vöest-Alpine-Schneebrücken samt Zwischenbalken mit einer Gesamtlänge von 130 Laufmetern errichtet. Im Zuge dieser Baumaßnahmen erfolgte auch der Umbau der Brems- und Auffangwerke der Killerlawine zu einem aus zwei Auffangdämmen bestehenden, ca. 90.000 Kubikmeter fassenden Lawinenfallboden mit einer gleichzeitigen Erhöhung der Werke auf bis zu 14 Meter. Auch der Ablenkdam am Sechserfleck wurde in talseitiger Richtung um etwa 25 Meter verlängert. Im darauffolgenden Jahr wurde der entsprechende Ablenkdam unabhängig vom Bauprogramm und auf Kosten der Loserstraßen-Gesellschaft nochmals um weitere 50 Meter verlängert (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1982, 1985).

Da bei der Kollaudierung der Maßnahmen aus dem Bauprogramm 1982 einige Mängel festgestellt wurden, gab es im Jahr 1987 ein weiteres Programm zu deren Behebung. Im Speziellen ging es dabei um die Erhöhung der Lawinenfangdämme, um deren Ausbesserung sowie um die anschließende Begrünung. Konkret wurden sowohl der westliche als auch der östliche Fangdam auf eine wirksame Höhe von 17 Metern erhöht, bergseitig auf zwei Meter Kronenbreite verstärkt und mit einer Steinschichtung befestigt. Im Zuge der Bauarbeiten kam es zu einer Reduzierung des Fassungsvermögens des Fallbodens, dieses betrug nach Abschluss der Arbeiten jedoch noch immer mehr als die vorgeschriebenen 85.000 Kubikmeter. Im Anschluss an die Bauarbeiten fanden eine Humusierung des gesamten Fallbodens und eine Aufforstung der beiden Dämme mit Latschen inklusive Einzäunung der gesamten Fläche statt. Am Sechserfleck wurden im Bereich der Abbruchstellen zusätzlich Erdterrassen mittels Schreitbagger errichtet, um dort abgehende Grundlawinen zu verhindern. Die Verlängerung des Lawinenablenkdamm am Sechserfleck wurde darüber hinaus mit einer Strohdeckschicht begrünt. Interessent war auch diesmal die Gemeinde Alt Aussee (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1987).

Das aktuell letzte Bauprogramm ist das Bauprogramm für Instandsetzungsmaßnahmen 1991 im Bereich der Donalawine. Da die aus Drahtschotter errichtete Schneestützmauer im Frühjahr 1989, vermutlich durch eine Lawine oder durch Schmelzwässer die in die Hinterfüllung gelangten, im östlichen Teil auf etwa drei Metern Höhe zerstört wurde, war in weiterer Folge mit der Möglichkeit einer völligen Zerstörung zu rechnen. Eine Erneuerung schien unverhältnismäßig teuer und die Arbeiten zur Errichtung wären mit großen Gefahren verbunden gewesen. Aus diesem Grund erfolgte alternativ eine Vergrößerung des Lawinenfallbodens um einen Fassungsraum von 3.500 Kubikmeter, dies geschah durch eine örtliche Erhöhung des Dammes um 2 Meter. Das benötigte Material wurde hierbei mit Großgeräten aus dem Fallboden entnommen. Darüber hinaus fanden eine Absicherung der Schneestützmauer aus Drahtschotter und eine Beseitigung der Drahtschottergitterreste statt. Anschließend an die Arbeiten wurde der gesamte Dam begrünt und die südseitige (=leeseitige) Böschung mit standortsangepassten Pflanzen bepflanzt (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, 1991).

## Material und Methoden

### Gliederung der Fläche in Behandlungseinheiten

Vor Beginn der Außenaufnahmen wurde das Untersuchungsgebiet in 19 Behandlungseinheiten unterteilt (vgl. Abbildung 11). Die Abgrenzung richtet sich dabei einerseits nach den Abteilungsgrenzen der Bundesforste und andererseits nach der Lage bezogen auf die Lawinenbahn (Nährgebiet, Anbruchgebiet, Sturzbahn, Auslaufgebiet, Ablagerungsgebiet).

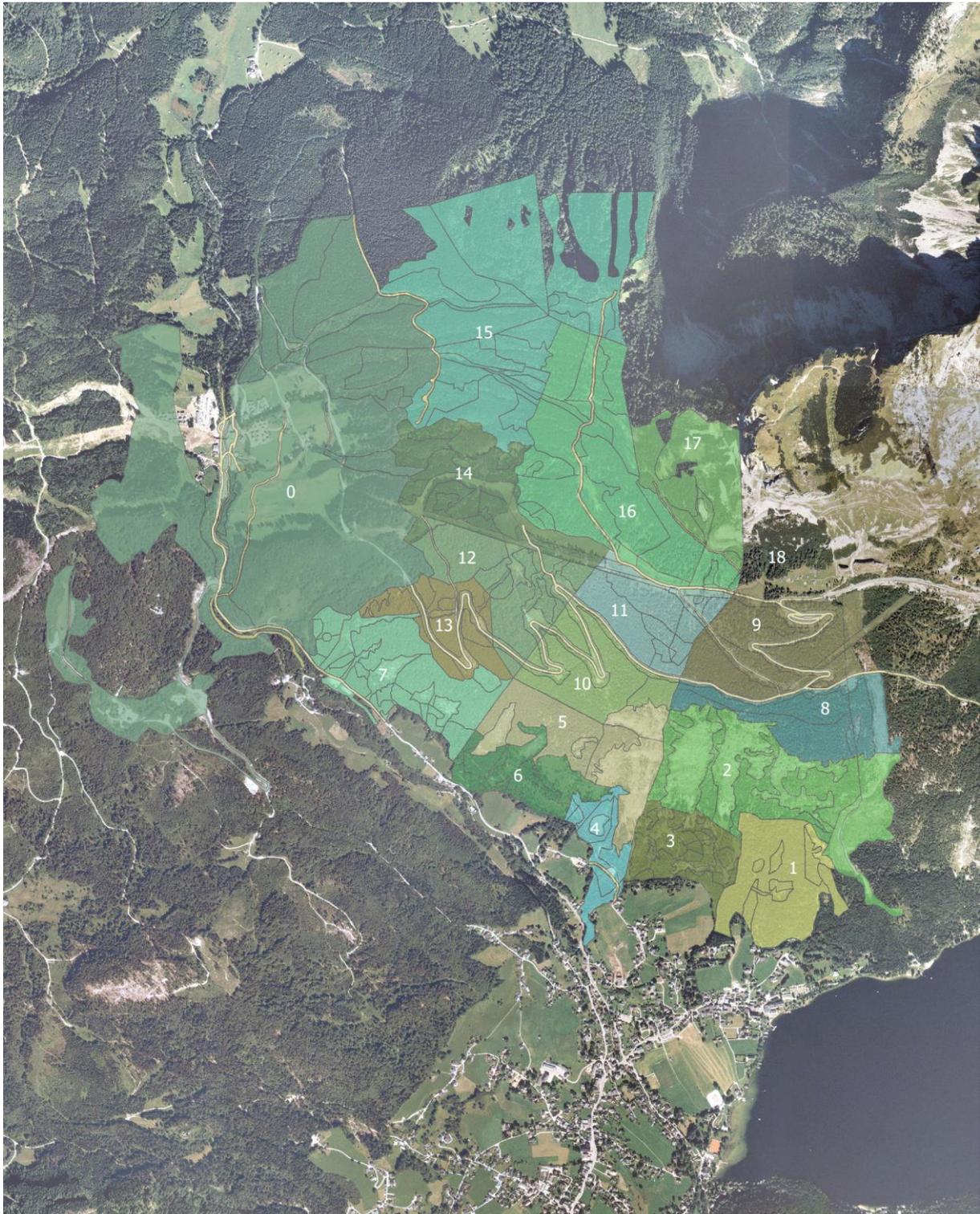


Abbildung 11: Kartenausschnitt - Behandlungseinheiten

## **Aufnahmemethodik**

Nach der Gliederung der Untersuchungsfläche in verschiedene Behandlungseinheiten mussten vor Beginn der Außenaufnahmen im nächsten Schritt entsprechende Aufnahmeformulare erarbeitet werden. Als Vorlage dienten hierbei die von Julia Eisl mit Unterstützung von Eduard Hochbichler vom Institut für Waldbau und dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Salzkammergut erstellten Evaluierungsbögen. Diese schienen als gut geeignet, da sie eine Erweiterung der Aufnahmeformulare des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Salzkammergut darstellten, welche ihrerseits auf Basis des ISDW-Schemas („Initiative Schutz durch Wald“) erstellt wurden (Eisl, 2010). Zusätzlich wurde das, vom Forsttechnisch Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gebietsbauleitung Steiermark Nord zur Datenerhebung für flächenwirtschaftliche Projekte verwendete Aufnahmeformular eingearbeitet.

Die Aufnahmebögen wurden vor Beginn der Außenaufnahmen an die aktuellen Anforderungen angepasst und in zwei Formulare unterteilt. Das erste Formular, das allgemeine Aufnahmeformular gliedert sich in die Aufnahmekategorien Grunddaten, Standortsbeschreibung, Bestandesbeschreibung, Verjüngungssituation, waldbauliche Planung, Dringlichkeitsstufen, technische Planung und Skizze der Aufnahmefläche/ Notizen. In den Grunddaten wurden die Flächengröße, der Eigentümer sowie auch die zur Fläche gehörigen Servitute und Belastungen erhoben. Die zu erhebenden Parameter für die Standortsbeschreibung waren die Seehöhe, die Koordinaten (inkl. Abweichung), die Exposition, die Hangneigung, die Flächenart, die Lage (Exposition zur Gefahr), das Grundgestein, der Boden, der Wasserhaushalt, der Vegetationstyp, die geomorphologische und geohydrologische Situation sowie die Schutzfunktion. In der Bestandesbeschreibung wurden darüber hinaus die aktuelle Waldgesellschaft, die Höhenstufe, die vorkommenden Baumarten, die Bestandesstruktur, die Beschirmung, die Haupt- und Nebenwuchsklassen, die Entwicklungsphase, die Stammzahl je Wuchsklasse, die Wüchsigkeit, das Vorkommen von Totholz und diversen Schäden, das Vorkommen von Schneeschub, Hangbewegungen und Steinschlag, eventuelle Kronenverlichtung, die bisherige Bewirtschaftung sowie auch vorhandene Lücken inklusive Lückengröße erhoben. Bei der Verjüngungssituation waren die relevanten Parameter die Verjüngungsbereitschaft, eventuelle Verjüngungsprobleme, die aktuelle Verbissituation sowie die angewandte Verjüngungstechnik. Die Aufnahmekategorie waldbauliche Planung bezog sich auf die waldbauliche Zielsetzung, die zugehörigen Maßnahmen, den damit verbundenen Holzanfall sowie den zu erwartenden Sanierungszeitraum. Die Kategorie Dringlichkeitsstufe besteht lediglich aus den drei Auswahlmöglichkeiten vordringlich, dringlich und sonstiges. Bei der technischen Planung handelt es sich um einen Textteil, in welchem die Erschließung und Bringungsmöglichkeiten, die technischen Begleitmaßnahmen bei Aufforstungen oder Naturverjüngungen sowie auch sonstige technische Maßnahmen beschrieben wurden. An einigen Aufnahmeflächen wurden Skizzen der Fläche angefertigt. Dabei handelte es sich je nach Bedarf entweder um Grundriss- oder Aufrissskizzen (Bestandesaufrisse), in denen auch etwaige Bestandesschäden eingezeichnet wurden. Darüber hinaus fand eine Einteilung der einzelnen Baumarten in den vorhandenen Wuchsklassen statt.

Das zweite Formular, das Formular für Winkelzählproben und Traktanalysen besteht aus zwei verschiedenen Tabellen. Die erste Tabelle dient der Aufnahme von Winkelzählproben und enthält die dafür üblichen Spalten Baumart, Brusthöhendurchmesser (BHD), Höhe und Schäden. Die zweite Tabelle dient zur Erhebung der Verbissituation mittels Traktanalyse. Der Aufbau der Traktanalyse ist in Tabelle 3 dargestellt. Zur allgemeinen Beschreibung sowie auch zur Zuordnung der Fläche wurden

darüber hinaus bei beiden Formularen zu Beginn die Felder Datum, laufende Nummer, Behandlungseinheit, Abteilung, Unterabteilung, Wetter und Fotonummern angelegt.

Tabelle 3: Traktanalyse

Trakt 1												
	10-30 cm			31 -50 cm			51 -80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
...												
...												
...												

Trakt 2												
	10-30 cm			31 -50 cm			51 -80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
...												
...												
...												

Die Erstellung der Aufnahmebögen stellte den Abschluss der vorbereitenden Arbeiten dar. Im Anschluss daran folgte die Erhebung der Außenaufnahmen im ausgewiesenen Untersuchungsgebiet. Die Feldaufnahmen fanden im Zeitraum von April bis Juni 2017 statt. Die Auswahl der Probepunkte für die Feldaufnahmen orientierte sich dabei an der Verteilung der insgesamt 95 ausgewiesenen Bestände der Österreichischen Bundesforste AG. In jedem, innerhalb der Untersuchungsfläche liegendem Bestand wurde zumindest ein zufällig gewählter Stichprobenpunkt aufgesucht und aufgenommen. Insgesamt wurden bei den Außenaufnahmen 105 Probepunkte erhoben. Nahezu alle Bestandesparameter wurden direkt auf der Fläche angesprochen. Die Aufnahme der Merkmale Wasserhaushalt, Vegetationstyp, Quellwasseraustritte, Versickerungsstellen, Nässezeiger, Hangwassereinfluss, Geländeform, Schutzfunktion, Waldgesellschaft, Baumarten, Struktur, Beschirmung, Haupt- und Nebenwuchsklassen, Entwicklungsphase, Totholz, Schäden, Schneedruck, Hangbewegungen, Steinschlag, Kronenverlichtung, Lücken, Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme, waldbauliche und technische Planung und Dringlichkeitsstufen erfolgte mittels okularer Ansprache. Für die vorhandene Stammzahl/ha wurde ein Probekreis mit 10 Meter Radius aufgenommen und die ermittelte Stammzahl auf die Fläche von einem Hektar hochgerechnet. Die Aufnahme der Verbissituation erfolgte mittels Traktanalysen. Seehöhe, Koordinaten und Exposition wurden mittels GPS-Gerät erfasst. Die Höhenstufe wurde im Anschluss basierend auf der

Seehöhe eingetragen. Die Behandlungseinheit sowie die Lage (Exposition zur Gefahr) wurden aus den, in Abbildung 6 und Abbildung 11 dargestellten Arbeitskarten ausgelesen. Die Ansprache des Grundgesteins folgte über die in Abbildung 2 dargestellte, geologische Karte. Die Parameter Abteilung, Unterabteilung, Flächengröße, Flächenart, Hangneigung, Boden und Wüchsigkeit wurden den Operatsdaten entnommen. Zuletzt wurden die Servitute und Belastungen mittels Rücksprache mit einem zuständigen Mitarbeiter der ÖBF-AG ermittelt. Zusätzlich wurden an mehreren Standorten Grund- und Aufrisskizzen erstellt.

An einzelnen Standorten fanden darüber hinaus Aufnahmen von Winkelzählproben, zur stichprobenartigen Kontrolle der Operatsdaten statt. Auch okular angesprochene Merkmale, wie beispielsweise die Vegetation, die Waldgesellschaft und die Baumarten wurden stichprobenartig mit den Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG verglichen.

## **Statistische Auswertung der Aufnahmedaten**

### ***SPSS-Statistics***

Die Auswertung der, bei den Feldaufnahmen erhobenen Daten erfolgte mittels des Statistikprogrammes SPSS-Statistics. Bei dem Programm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) handelt es sich um eine von IBM angebotene Statistiksoftware zur Verarbeitung und Auswertung großer Datenmengen (Bühl, 2018). In der vorliegenden Arbeit wurde IBM SPSS-Statistics 26 verwendet, um die bei den Außenaufnahmen erhobenen Daten statistisch auszuwerten und darzustellen. Die Entscheidung für das Programm SPSS-Statistics fiel auf Grund der umfangreichen Möglichkeiten zur Berechnung statistischer Kennzahlen unter Berücksichtigung einer intuitiven Bedienbarkeit.

### ***Stichproben- und Versuchsdesign***

Zu Beginn der Auswertungen wurden die, während der Außenaufnahmen am Loser erhobenen Parameter für die Verarbeitung mit der Statistiksoftware SPSS aufbereitet. Der Stichprobenumfang der Außenaufnahmen umfasste gesamt 105 Probepunkte, wobei in jedem, von der Österreichischen Bundesforste AG ausgewiesenen und innerhalb der Untersuchungsfläche liegenden Bestand mindestens ein zufällig gewählter Standort aufgesucht und eine Vielzahl an Daten aufgenommen wurde. Aus der Gesamtheit der erhobenen Daten, wurden diejenigen zur weiteren Bearbeitung ausgewählt, bei denen auf Grund der Ergebnisse der Literaturrecherche, sowie basierend auf den Erfahrungswerten der Zuständigen der Wildbach- und Lawinenverbauung ein Zusammenhang mit dem Einfluss auf Schneebewegungen unterstellt werden konnte. Bei der Aufbereitung der Daten wurde darauf geachtet, dass die ausgewählten Variablen mindestens ein ordinales Skalenniveau nach Möglichkeit auch ein metrisches Skalenniveau (Intervallskalenniveau) aufweisen. Eine ordinale Skalierung liegt vor, sobald eine Rangordnung zwischen den Merkmalsausprägungen einer Variablen vorgenommen werden kann. Bei der metrischen Skalierung (Intervallskalierung) ist eine zusätzliche Bestimmung der Abstände zwischen den einzelnen Merkmalsausprägungen möglich, wodurch die Möglichkeiten sowie auch die Genauigkeit und Aussagekraft statistischer Auswertungen zunehmen (Sterba, 2011). Basierend auf diesen Anforderungen wurden die, in Tabelle 4 dargestellten, elf Variablen Bestandesaufbau, Lücken, Totholz, Anteil Nadelholz, Anteil Laubholz, Beschirmung, Stammzahl/ha, Entwicklungsphase, Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbiss ausgewählt und für die geplanten, statistischen Auswertungen aufbereitet.

Tabelle 4: Skalierung der ausgewählten Bestandesparameter

Parameter	Skalenniveau
Bestandesaufbau	ordinal
Lücken	ordinal
Totholz	ordinal
Anteil Nadelholz	ordinal
Anteil Laubholz	ordinal
Beschirmung	ordinal
Stammzahl/ha	metrisch
Entwicklungsphase	ordinal
Verjüngungsbereitschaft	ordinal
Verjüngungsprobleme	ordinal
Verbiss	ordinal

Zuerst wurde die aufgenommene Rangordnung der ausgewählten Variablen geprüft und gegebenenfalls angepasst. Die für die einzelnen Bestandesparameter vorgenommene Rangordnung ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Rangordnung der ausgewählten Bestandesparameter

Parameter	Rangordnung										
		1	2	3							
Bestandesaufbau		1	2	3							
Lücken	0	1									
Totholz	0	1									
Anteil Nadelholz	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anteil Laubholz	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Beschirmung	0	1	2	3	4						
Stammzahl/ha	metrische Skalierung										
Entwicklungsphase		1	2	3	4	5	6				
Verjüngungsbereitschaft	0	1	2	3							
Verjüngungsprobleme	0	1									
Verbiss	0	1	2	3	4						

Der Bestandesaufbau gliedert sich aufsteigend in die drei Merkmalsausprägungen 1 = einschichtiger Bestand, 2 = zweischichtiger Bestand und 3 = mehrschichtiger Bestand. Für die Variable Lücken wurden die beiden Merkmalsausprägungen 0 = keine Lücken vorhanden und 1 = Lücken vorhanden festgelegt, wobei eine Lücke, angelehnt an die Ergebnisse der Fachliteratur wie folgt definiert wurde: Eine Bestandeslücke liegt vor, wenn die Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand mehr als 20x20 Meter beträgt. Die Variable Totholz wurde ebenfalls in die beiden Merkmalsausprägungen 0 = kein Totholz vorhanden und 1 = Totholz vorhanden unterteilt, wobei keine Unterscheidung zwischen stehendem und liegendem Totholz vorgenommen und auch die Anzahl der vorkommenden Stämme nicht berücksichtigt wurde. Die Verteilung von Nadelholz und Laubholz wurde mittels der beiden Variablen „Anteil Nadelholz“ und „Anteil Laubholz“ dargestellt, wobei pro Probepunkt insgesamt 10 Anteile aufgeteilt auf Laub- und Nadelholz vergeben wurden. Die Anteile von Nadelholz und Laubholz sind dementsprechend gegengleich in 1/10-Anteilen angegeben (beispielsweise 8 Anteile Nadelholz + 2 Anteile Laubholz = 10 Anteile Gesamtsumme). Die Beschirmung wurde in die fünf Merkmalsausprägungen 0 = Blöße, 1 = licht-räumdig, 2 = locker, 3 = geschlossen und 4 = gedrängt

unterteilt. Bei der Stammzahl/ha handelt es sich um eine metrisch skalierte Variable, für welche keine Rangordnung vorzunehmen war. Die Merkmalsreihe der Variable Entwicklungsphase gliedert sich in 1 = Blöße, 2 = Jungwuchs, 3 = Dickung, 4 = Stangenholz, 5 = Baumholz und 6 = Altholz. Die Merkmalsausprägungen der Variable Verjüngungsbereitschaft wurden nach 0 = keine Verjüngungsbereitschaft, 1 = vereinzelte Verjüngungsbereitschaft, 2 = mäßige Verjüngungsbereitschaft und 3 = starke Verjüngungsbereitschaft gereiht. Für die Variable Verjüngungsprobleme wurden die beiden Merkmalsausprägungen 0 = keine Verjüngungsprobleme vorhanden und 1 = Verjüngungsprobleme vorhanden vergeben. In der Variable Verjüngungsprobleme wurden die Kategorien Trockenheit/ Frosttrockniss, Käferbefall, Gleitschnee, Steinschlag, Erosion und Sonstiges zusammengefasst. Die Verbissituation wurde hingegen als getrennte Variable behandelt. Sie enthält die Merkmalsausprägungen 0 = kein Verbiss, 1 = 1-25% Verbiss, 2 = 26-50% Verbiss, 3 = 51-75% Verbiss und 4 = 76-100% Verbiss.

Nach vorgenommener Rangordnung konnte mit der statistischen Auswertung der Variablen begonnen werden. Zu Beginn der Auswertungen fanden Korrelationsanalysen über den Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten statt, in denen die Stärke und Richtung der linearen Beziehungen zwischen den einzelnen Variablen ermittelt wurden. Die Korrelation zwischen zwei Variablen wird allgemein als schwach eingestuft, wenn sie im Bereich von  $\pm 0,10$  liegt, als mittelstark, wenn sie im Bereich von  $\pm 0,30$  liegt und als stark, wenn sie im Bereich von  $\pm 0,50$  liegt. Korrelationen mit positivem Vorzeichen werden in diesem Zusammenhang als positive Korrelationen bezeichnet, solche mit negativem Vorzeichen als negative Korrelationen. Als signifikant gelten Korrelationen ab einem Signifikanzwert von kleiner-gleich  $0,05$ , Korrelationen ab einer Signifikanz von  $0,01$  werden darüber hinaus als hochsignifikant eingestuft. Nach Abschluss der Korrelationsanalysen wurden diejenigen Variablen mit starker Korrelation zueinander näher betrachtet. Bei korrelierenden Variablen, bei denen auch ein kausaler Zusammenhang festgestellt werden konnte und welche keine differenzierten Eigenschaften zum Schutz vor Lawinen aufwiesen, wurde die als abhängig angenommene Variable gestrichen. Nach Abschluss der Korrelationsanalysen verblieben acht Variablen, welche für weitere Auswertungen herangezogen wurden.

Im Anschluss an die Auswertung der Korrelationsanalysen wurden die 105 erhobenen Probepunkte in zwei verschiedene Versuchsgruppen unterteilt. Die erste Gruppe umfasst die gesamte 52 Stichprobepunkte, welche sich, bezogen auf die Ergebnisse der räumlichen Analysen der lokalen Geländemorphologie, auf potentiellen Anrissflächen von Lawinen (Hangneigung  $\geq 28^\circ$ ; planare Krümmung  $> 0$ , Rauigkeit  $< 0,05$  m/m) befinden. Die zweite Versuchsgruppe umfasst diejenigen 53 Probepunkte, welche bezogen auf die Ergebnisse der räumlichen Analysen, keine potentiellen Anrissflächen darstellen (Hangneigung  $< 28^\circ$ ; planare Krümmung  $\leq 0$ , Rauigkeit  $\geq 0,05$  m/m). In Abbildung 3 und Abbildung 5 sind die Flächen der ersten Versuchsgruppe durch die in der Karte dargestellten Lawinenanrisspixel gekennzeichnet, die Probepunkte der zweiten Versuchsgruppe befinden sich auf denjenigen Flächen, in denen keine potentiellen Lawinenanrisse eingezeichnet sind.

In beiden vorliegenden Versuchsgruppen wurde mittels Mann-Whitney-U-Test für die ordinal skalierten Variablen und mittels t-Test für die metrisch skalierten Daten ein Vergleich derjenigen Bestände ohne Einfluss durch Schneebewegungen mit Beständen, in denen Schneebewegungen stattgefunden haben, vorgenommen. Der Mann-Whitney-U-Test (Wilcoxon Rangsummen-Test) wurde gewählt, da ordinal skalierte Variablen die Voraussetzungen für den parametrischen t-Test nicht erfüllen. Für den nicht parametrischen Mann-Whitney-U-Test genügen hingegen eine ordinale Skalierung der Daten sowie das Vorliegen einer unabhängigen Variable zur Bildung vergleichender

Gruppen. Die Voraussetzungen für den t-Test sind im Vergleich dazu höher. Es werden metrisch skalierte Daten und ebenfalls eine unabhängigen Variable zur Bildung vergleichender Gruppen verlangt. Darüber hinaus muss eine Homogenität der Varianzen vorliegen und die einzelnen Messwerte müssen voneinander unabhängig sein (Fahrmeir, Christian, Künstler, Pigeot, & Tutz, 2016). Da der t-Test jedoch auch genauere Ergebnisse liefert, als der Wilcoxon Rangsummen-Test, wurde dieser für die Auswertung metrisch skalierten Daten verwendet. Als unabhängige Variable zur Bildung von vergleichenden Gruppen wurde in der vorliegenden Arbeit in beiden Versuchsgruppen der Einfluss von Schnee (schneebeeinflusste Bestände vs. nicht beeinflusste Bestände) gewählt. Die Unterscheidung zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee erfolgte in diesem Zusammenhang basierend auf den Ergebnissen der Felderhebungen. Konkret wurde der Schneeschub anhand des vermehrten Auftretens von Säbelwuchs in älteren Beständen sowie umgedrückter Bäumchen auf Jungwuchs- und angehenden Dickungsflächen herangezogen. Zusätzlich wurde auf, durch Schneebewegungen verursachte Stammschäden sowie abgerissene Bäume und Äste als Indikator für den Einfluss von Schnee geachtet, welche im Punkt Skizze der Aufnahmefläche/ Notizen eingetragen wurden.

Zu Beginn der Auswertungen wurde folgende Nullhypothese aufgestellt:

*Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss.*

Ziel der Berechnungen war es, diese Nullhypothese zu prüfen und gegebenenfalls zugunsten der Alternativhypothese zu verwerfen. Bei Verwerfung der Nullhypothese fand zusätzlich eine Berechnung der Effektstärke statt, um die Größe des statistischen Effekts und die damit verbundene praktische Relevanz des Ergebnisses darzustellen. Die Effektstärke wurde wie folgt berechnet:

*Formel 1: Berechnung der Effektstärke*

$$r = \left| \frac{z}{\sqrt{n}} \right|$$

r... Effektstärke

z... z-Wert

n... Stichprobengröße

Eine Effektstärke von 0,10 steht in diesem Zusammenhang für einen schwachen Effekt, eine Effektstärke von 0,30 steht für einen mittleren Effekt und bei einer Effektstärke von 0,50 wird ein starker Effekt unterstellt (Fahrmeir, Christian, Künstler, Pigeot, & Tutz, 2016).

Basierend auf den Ergebnissen der Hypothesenprüfung wurde im Anschluss ein Stichprobendesign für periodische Erhebungen und Kontrollen im Schutzwald erstellt, welches unabhängig vom Untersuchungsgebiet angewandt werden kann. Dieses wird im nachfolgenden Kapitel beispielhaft an Hand eines Monitoringkonzeptes für das Untersuchungsgebiet Loser vorgestellt und erläutert.

## **Erstellung eines Monitoringkonzeptes**

Das erwähnte Monitoringkonzept, welches aufbauend auf die Literaturrecherche und die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der am Loser erhobenen Daten, für künftige, periodische Erhebungen erstellt wurde, bildet den Abschluss der vorliegenden Arbeit.

Für das Monitoringkonzept wurde im ersten Schritt ein Erhebungsbogen mit zugehöriger Anleitung über die Aufnahmemethodik zusammengestellt, mit welchem zukünftig möglichst effizient aussagekräftige Feldaufnahmen durchgeführt werden können. Die Aufnahmebögen für die Wiederholungsaufnahmen im Zusammenhang mit dem periodischen Lawinenschutzmonitoring orientierten sich dabei stark an den Formularen der Erstaufnahmen. Diese wurden an die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit angepasst und in zwei Formulare unterteilt. Der erste Erhebungsbogen dient zur Aufnahme der allgemeinen Grunddaten, der Standorts- und Bestandesbeschreibung sowie auch der Verjüngungssituation. Zusätzlich ist eine Seite für Skizzen der Aufnahmefläche und Notizen vorgesehen. In den Grunddaten sind das Datum der Aufnahme, die Nummer des Stichprobenpunktes, die Versuchsgruppe, die Abteilung, die Unterabteilung, das Wetter sowie die Fotonummern einzutragen. Die Standortsbeschreibung umfasst die Erhebung der Seehöhe, der Koordinaten, der Exposition, der Hangneigung, der Krümmung, des Grundgesteins, des Bodentyps, des Wasserhaushaltes und des Vegetationstyps. Die für die Bestandesbeschreibung aufzunehmenden Parameter sind die Waldgesellschaft, die Baumarten, die vorkommenden Anteile von Nadelholz und Laubholz, der Bestandaufbau, die Beschirmung, das Vorhandensein und die Stammzahl der einzelnen Entwicklungsphasen, das geschätzte Bestandesalter, die Verteilung der einzelnen Baumarten getrennt nach Wuchsklassen, das Vorkommen und die Menge von Totholz, das Vorhandensein und die Dimension von Lücken (inkl. Grundrisskizze), der Einfluss von Schnee und der Säbelwuchs. Bei der Verjüngungssituation sind die Verjüngungsbereitschaft, eventuelle Verjüngungsprobleme sowie die aktuelle Verbissituation zu erheben. Das zweite Aufnahmeformular, das Formular für Winkelzählproben und Traktanalysen wurde unverändert übernommen und besteht wiederum aus den beiden Tabellen zur Aufnahme von Winkelzählproben mit den dafür üblichen Spalten Baumart, Brusthöhendurchmesser (BHD), Höhe und Schäden sowie zur Erhebung der Verbissituation mittels Traktanalyse.

Im zweiten Schritt wurde mittels ArcGIS ein Stichprobenraster angelegt, welches eine periodische Wiederholung der Aufnahmen ermöglicht. Die Maschenweite des Rasters beträgt 150 x 150 Meter, was einer Größe von 2,25 Hektar pro Stichprobenpunkt entspricht. Das Stichprobenraster umfasst gesamt 160 Probepunkte, wovon sich jedoch nicht alle Punkte innerhalb von Waldflächen befinden. Zur Orientierung wurden verschiedene Arbeitskarten, in denen die einzelnen Probepunkte dargestellt sind, sowie auch eine Liste der Stichprobepunkte mit zugehörigen Koordinaten erstellt.

Abschließend wurde eine Empfehlung für die Erhebung von Wiederholungsaufnahmen formuliert, sodass diese künftig einem einheitlichen Muster folgen.

## Ergebnisse der Literaturrecherche

### Prozessdefinition Waldlawinen

In der gängigen Literatur finden sich verschiedenste Formulierungen für die Definition von Waldlawinen (unter anderem Meyer-Grass & Imbeck, 1985; Zenke & Konetschny, 1988; Bebi, 1999; Schwitter, 2002; Duc, Brändli, & Brassel, 2004; Margreth, 2004). Die Kernaussage all dieser Definitionen kann wie folgt zusammengefasst werden:

*„Waldlawinen sind Lawinen, die ihre Anrisszone direkt innerhalb eines bewaldeten Gebietes haben.“*

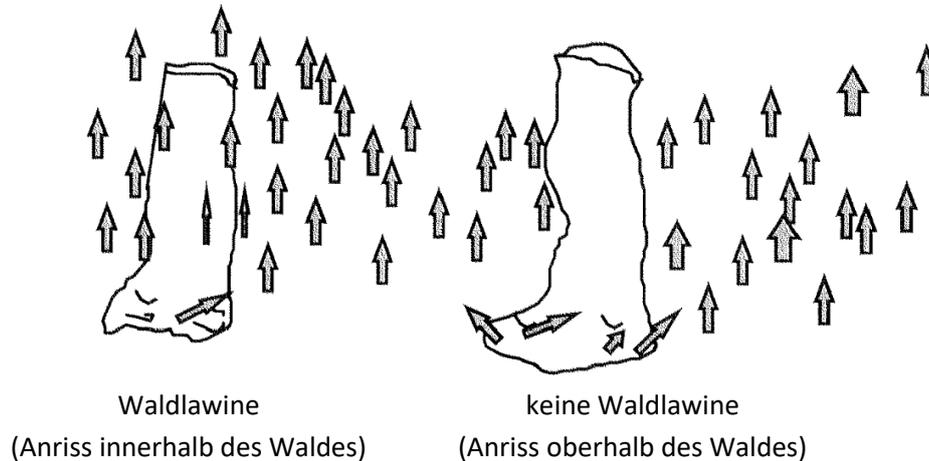


Abbildung 12: Erklärung des Begriffs "Waldlawine" (abgeändert nach Bebi, 1999)

### Relevante geomorphologische & topographische Bedingungen (Geländeparameter)

Wie bereits im Kapitel „Räumliche Analysen der lokalen Geländemorphologie“ beschrieben, basiert die Erstellung der Lawinendispositionsarten, auf welche sich auch die Geländeaufnahmen stützen, in Anlehnung an die Studie von Bühler et al. (2013). In dieser Studie werden potentielle Anrissgebiete anhand der drei gängigsten geomorphologischen Parameter Hangneigung, Krümmung und Rauigkeitsfaktor festgelegt.

#### **Hangneigung**

Der Parameter Hangneigung (slope angle) ist der, in der Literatur am häufigsten genannte Wert zur Abgrenzung potentieller Lawinenanrissgebiete. In der gängigen Fachliteratur werden meist Hänge mit einer Neigung von 30° bis 50° (teilweise bis 60°) als lawinengefährlich eingestuft. Die Begründung liegt darin, dass die Scherspannung bei Hängen unter 30° zu gering ist, um einen Bruch in der Schneedecke zu erzeugen und diese in Bewegung zu bringen und der Schnee bei Hangneigungen von über 50° (60°) stetig abgetragen und somit die Bildung einer gleitfähigen Schneedecke verhindert wird (McClung D., 2001; Schweizer, Jamieson, & Schneebeli, 2003; Duc, Brändli, & Brassel, 2004; Schneebeli & Bebi, 2004; McClung & Schaerer 2006). Die, für die Erstellung der Lawinendispositionsarten angewandte Studie von Bühler et al. (2013) hat diesen Schwellenwinkel auf Grund unterschiedlicher Schneeeigenschaften (Dichte, freier Wassergehalt usw.) geringfügig herabgesetzt. In der verwendeten Studie liegen die Grenzwerte für die Hangneigung bei 28 bis 50 Grad.

### ***Planare Krümmung***

Die planare Krümmung (curvature) muss, laut Bühler et al. (2013) Werte von größer als 0 aufweisen, dass eine Gefahr von Lawinenanbrüchen besteht. Das bedeutet, dass konvexe Hänge bis zu einem definierten Schwellenwert (Krümmungsschwelle) als lawinengefährdet gelten. Auch diese Aussage wird von verschiedenen Autoren, beispielsweise von Wakabayashi (1971), Sommerhalder & Meyer-Grass (1992), Bebi (1999), Foehn, Stoffel, & Bartlet (2002) und Schneebeli & Bebi (2004) mehrmals bestätigt. In ihren jeweiligen Fachartikeln werden grundlegend konvexe, sich nach unten versteilende Hänge als besonders lawinengefährdet eingestuft. In der Praxis handelt es sich dabei häufig um Gebiete unterhalb von Kämmen, Kuppen oder Graten. Problematisch sind laut Foehn, Stoffel, & Bartlet (2002) vor allem die, durch die Veränderung der Hangneigung entstehenden Schwachschichten innerhalb der Schneedecke, welche die Entstehung von Lawinenanrissen begünstigen können.

### ***Rauhigkeitsfaktor***

Der dritte von Bühler et al. (2013) und somit auch in der vorliegenden Arbeit verwendete Geländeparameter zur Abgrenzung von potentiellen Anrissgebieten ist der Rauhigkeitsfaktor (roughness). Der Rauhigkeitsfaktor muss hier bei einem 11 x 11 Meter Fenster bei unter 0,05 m/m liegen, um ein Areal als potentielle Anrisszone auszuweisen. In der weiterführenden Literatur können auch zu diesem Parameter verschiedene Aussagen gefunden werden. McClung, D. (2001) spricht beispielsweise davon, dass ab einer Oberflächenrauigkeit (beispielsweise einer Vegetationshöhe) von mehr als zwei Metern keine Ereignisse zu erwarten sind, da sehr raue, unregelmäßige Oberflächen die Schneedecke in ihrer Abwärtsbewegung hindern. Diese Aussage bestätigen auch die beiden Studien von Vontobel (2011) und Pfister (2016), welche zeigen, dass die meisten Lawinenereignisse in leicht unebenen Gebieten stattfinden, wohingegen die Anzahl der Lawinen in sehr rauem Gelände markant abnimmt. Schweitzer, Jamieson & Schneebeli (2003) stellen ebenfalls fest, dass unebene Geländeeigenschaften die Ausbildung kontinuierlicher, schwacher Schichten verhindern können, welche für das Auftreten von großen Rissen in der Schneedecke notwendig sind. Zu beachten ist jedoch, dass diese stabilisierenden Effekte verloren gehen und die Rauhigkeit sogar zu einer destabilisierende Wirkung führen kann, sobald die Schneedecke tief genug ist, um eine glatte Oberfläche zu bilden (McClung & Schaerer, 2006).

Neben diesen Geländeeigenschaften beschäftigen sich verschiedene Studien und Fachartikel auch mit weiteren Geländeparametern, beispielsweise der Hanglänge, der Kammnähe oder auch der Exposition des Entstehungsgebietes. Zu diesen Einflussgrößen wurden zwar vereinzelte Angaben gefunden, welche jedoch auf nahezu keine grundlegenden Studien verweisen und auch keine fundierten Erkenntnisse zeigen.

### **Relevante forstlichen Parameter (Bestandesparameter)**

In der Fachliteratur werden neben geomorphologischen und topographischen Bedingungen in vielen Fachartikeln auch forstliche Parameter untersucht. Die im Rahmen der Literaturstudie ermittelten Bestandesparameter wurden in insgesamt 15 verschiedene Kategorien unterteilt, wovon es sich bei den zwölf Parametern Bestandesaufbau, Lückenbreite, Lückenlänge, Totholz, Baumarten, Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Deckungsgrad, Stammzahl, Baumalter, Vegetation und Verbiss um direkte Einflussgrößen und bei den zusätzlichen drei Gruppen Interzeption, Strahlungshaushalt und Windverhältnisse um ergänzende Größen handelt.

### ***Bestandesaufbau***

Als erste Einflussgröße für die Entstehung von Waldlawinen wird der grundlegende Aufbau von Beständen betrachtet. Der Aufbau von Waldbeständen wird allgemein über die Merkmale Baumartenzusammensetzung, Wuchsklasse sowie horizontaler und vertikaler Bestandesaufbau beschrieben und ist bereits durch die Höhenstufe sowie die Entfernung zur Waldgrenze geprägt. Häufig befinden sich Anbruchgebiete von Waldlawinen in waldgrenzennahen Bereichen oder in der Kampfzone des Waldes. Ein Grund dafür ist, dass sich die vorhandenen Bergwaldstrukturen in diesen Gebieten bereits aufzulösen beginnen und in immer lichter werdende Bestände übergehen, bis schließlich nur noch vereinzelt Individuen vorzufinden sind. Dies führt zu einem Übergang von einem gestörten hin zu einem ungestörten Schneedeckenaufbau, sowie zu sich verändernden Strahlungsverhältnissen im Bereich der Waldgrenze und damit verbunden zu Spannungen innerhalb der Schneedecke. Zusätzlich beeinflusst auch die Lage zur Lawine den Bestandesaufbau maßgeblich. Hier muss zwischen aktiver Zone (Anbruchgebiet, Sturzbahn, Ablagerungsgebiet) und passiver Zone (Schutzwälder außerhalb von Lawenstrichen) unterschieden werden. In der aktiven Lawinenzone kommt es in Folge periodischer Störungen durch Lawinenereignisse zu einer an diese Gegebenheiten angepassten Waldstruktur und Baumartenzusammensetzung. So werden sich in aktiven Bereichen vor allem flexible Baumarten mit biegsamen Stämmen und Ästen und einer guten Regenerationsfähigkeit, wie beispielsweise Grünerle einstellen. Lawinenschutzwälder außerhalb der aktiven Zone werden sich hingegen eher aus in unbeeinflussten Gebirgswäldern vorherrschenden Baumarten wie Fichte und Lärche zusammensetzen (Bebi, 1999) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Höller P. , 1992) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016).

Bei der Baumartenzusammensetzung in Lawinenschutzwäldern kann allgemein zwischen der Schutzfunktion von Nadelwäldern, Mischwäldern und Laubwäldern unterschieden werden. Laubholzbestände sowie laubholzreiche Mischwälder sind zum Schutz vor Lawinen im Allgemeinen ungeeignet. Oft können diese die Schutzwirkung sogar negativ beeinflussen, da das am Waldboden liegende, abgefallene Laub eine Gleitschicht für die Schneedecke bildet und so das Anbrechen von Lawinen begünstigt. Immergrüne Nadelwälder können hingegen den Anbruch von Waldlawinen mit großer Wirksamkeit verhindern (Bühler, et al., 2013) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Zenke B. , 1985). Der Rückhalt von Fichtenbeständen liegt vergleichsweise bei 42 bis 62 Prozent, wohingegen der Rückhalt in Buchenbeständen nur bei 29 bis 37 Prozent liegt (Fiebiger, 1978). Zu beachten ist jedoch, dass immergrüne Nadelbaumarten, insbesondere die Fichte langfristig betrachtet anfälliger gegen Störungen wie Wildverbiss, Stürme und Borkenkäfer sind, als beispielsweise sommergrüne Lärchen und Laubholzarten. Bei zunehmenden Schadereignissen kann dies genauso zu einem negativen Einfluss auf den langfristigen Erhalt der Schutzfunktion führen. Neben diesen grundlegenden Überlegungen ist bei der Baumartenauswahl zur Begründung eines Schutzwaldbestandes zusätzlich auch die Standortsangepasstheit der Baumarten von großer Bedeutung. Auf Grund dieser generellen Überlegungen sind allgemein Nadel-Mischwälder gegenüber Monokulturen und Laubholzbeständen vorzuziehen (Brang & Hallenbarter, 2007) (Burkard, 1992) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Höller P. , 1992) (Perzl F. , 2008) (Merwald, 1984).

Des Weiteren hat auch die Wuchsklasse großen Einfluss auf die Schutzwirkung des Waldes gegenüber Lawinen. Während Kahlschläge, Blößen und Räumden sowie ungesicherte Jungwuchs- und Strauchflächen den Anbruch von Lawinen nicht verhindern können und auf Grund der Ausbildung einer Gleitschicht möglicherweise sogar zu vermehrten Lawinenereignissen führen (McClung D. , 2001) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016), können Waldlawinen durch geschlossene

Waldbestände wirksam zurückgehalten werden. Ein effektiver Schutz vor Lawinen stellt sich dabei am Ende der Dickungs- beziehungsweise zu Beginn Stangenholzphase ein. Jedoch geschieht dies nur unter der Voraussetzung, dass es sich bei den Wäldern um stabile Bestände handelt, welche sich zukünftig auch zu stabilen Baumhölzern weiterentwickeln können. Den besten Schutz vor Lawinen bieten schließlich Wälder in der Baumholzphase. Auch hier ist die Entwicklung von vitalen und stabilen Individuen von größter Bedeutung, da nur diese einen effektiven Schutz vor Lawinen bieten können. Wichtig ist darüber hinaus, dass sich bereits früh eine entwicklungsfähige Unterschicht (ein entwicklungsfähiger Jungwuchs) einstellen kann. Denn am Ende der Baum- beziehungsweise zu Beginn der Altholzphase nehmen Vitalität und Stabilität der Bestände auf Grund der natürlichen Sukzession sowie auch wegen vermehrten Störungen zunehmend ab und es kommt zu einem fortlaufenden Zusammenbruch der Schutzwälder. Herrscht in der Zerfallsphase ein Mangel an Verjüngung, kann sich der Jungwuchs nur mit großem Aufwand und stark verspätet einstellen oder er bleibt gänzlich aus, wodurch die Lawinenschutzwirkung des Waldes vermindert wird oder sogar verloren geht (Bebi, 1999) (Brang, 2002) (Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli, 2004) (Initiative Schutz durch Wald (ISDW), 2010).

Neben der Wuchsklasse spielen auch der horizontale und vertikale Aufbau von Beständen eine große Rolle für die Schutzwirkung vor Lawinen. In vertikaler Richtung wird zwischen einschichtigen, zweischichtigen und mehrschichtigen Beständen unterschieden, wobei mehrschichtige Bestände einen erheblich stärkeren positiven Effekt auf die Schutzwirkung vor Lawinen haben als einschichtig aufgebaute Wälder. In Bezug auf den horizontalen Aufbau sind dichtstehende Bestände mit gleichmäßiger Verteilung der einzelnen Individuen für Lawinenschutzwälder wünschenswert (Eisl, 2010) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016) (Zenke B., 1985).

Zusammenfassend gilt, dass Kahlflächen, Blößen, Räumden sowie Jungwuchs- und Strauchflächen und einschichtig aufgebaute, gleichaltrige, licht-räumige Laub- und Laub-Mischbestände, ohne Unterwuchs nur wenig Schutz bieten (Brang & Hallenbarter, 2007) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016). Den besten Schutz vor Waldlawinen bieten hingegen standortsangepasste, mehrstufige, ungleichaltrig aufgebaute und gleichmäßig dichtstehende, immergrüne Nadelwälder, welche auch einen geschlossenen Unterwuchs aufweisen (Bühler, et al., 2013) (Zenke B., 1985). Solche Gebirgsplechterwälder<sup>1</sup> sind auf Grund ihrer Stabilität und Vitalität sowie der stetig vorhandenen Verjüngung und der stetigen Wiederbewaldung äußerst störungselastisch und somit optimal als Lawinenschutzwälder geeignet. Zu beachten ist dabei, dass in der Praxis keine idealen Pletterstrukturen erreicht werden müssen. Vielmehr soll es das Ziel sein, mit vertretbarem Aufwand einen möglichst gut geeigneten Pletterwald großzuziehen (Ehrenfeldner, 2005) (Bebi, 1999) (Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli, 2004) (Merwald, 1984) (Duc, Brändli, & Brassel, 2004).

Aufbauend auf diese zusammenfassende Bestandesbeschreibung werden im Anschluss die einzelnen Bestandesmerkmale näher betrachtet und deren Wirksamkeit gegenüber Waldlawinen untersucht. In diesem Zusammenhang wird zuerst auf die, mit der Baumartenzusammensetzung verbundenen Bestandesmerkmale, anschließend auf die mit der Wuchsklasse zusammenhängenden Parameter, darauffolgend auf die, den Bestandesaufbau beeinflussenden Werte und abschließend auf alle zusätzlichen direkten und indirekten Einflussgrößen eingegangen.

---

<sup>1</sup> Der Pletterwald beschreibt eine Form des Dauerwaldes, welche durch periodische Einzelstammentnahmen erreicht wird (Weinfurter, 2013).

### ***Baumart***

Wie im Zusammenhang mit dem Bestandaufbau erwähnt, hat die Baumart großen Einfluss auf den Schutz vor Waldlawinen. Laubhölzer mit biegsamen Stämmen, wie beispielsweise Birken (*Betula*), Erlen (*Alnus*), Ahorn (*Acer*) und Weiden (*Salix*) sowie auch Latschen (*Pinus mugo*) legen sich unter der Schneedecke um, schaffen eine Gleitschicht für die darüber befindliche Schneedecke und fördern dadurch die Lawinendynamik (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Wakabayashi, 1971) (Zenke B. , 1985). Im Vergleich dazu legen sich Buchen (*Fagus*) nicht um, sie bilden jedoch gleichermaßen eine, den Anbruch von Lawinen begünstigende Gleitschicht und sind aus diesem Grund zum Schutz vor Lawinen ebenfalls ungeeignet.

Lärchen (*Larix*) biegen sich im Vergleich zu oben genannten Arten nicht unter der Schneelast und bilden auch keine Gleitschicht aus. Da sie im Winter ihre Nadeln verlieren und dadurch das Bestandesklima (insbesondere der Strahlungshaushalt und die Interzeption) im Hinblick auf die Stabilisierung der Schneedecke negativ beeinflusst wird, ist auch die Schutzwirkung der Lärche vor Waldlawinen im Winter gering (Burkard, 1992) (Höller P. , 1992) (Perzl F. , 2005).

Zum Schutz vor Lawinen am besten geeignet sind hingegen immergrüne Nadelgehölze wie Fichte (*Picea*) und Tanne (*Abies*), da die Lawinengefahr im Wald unter anderem durch die Interzeption der immergrünen Baumarten vermindert wird. Da Fichtenreinbestände jedoch besonders anfällig gegenüber Störungen sind, ist das Einbringen von Tannen empfehlenswert. Ein erhöhter Tannenanteil in bestehenden Gebirgsfichtenwäldern führt in diesem Zusammenhang zu einer erhöhten Störungsresistenz, wodurch die langfristige Schutzwirkung des Waldes verbessert werden kann (Brang, 2002) (Burkard, 1992) (Bühler, et al., 2013) (Collin, 2014) (Duc, Brändli, & Brassel, 2004) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Meyer-Grass & Schneebeili, 1992) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016) (Schneebeili & Bebi, 2004).

### ***Brusthöhendurchmesser (BHD)***

Neben der Baumart ist der Brusthöhendurchmesser (BHD) der aufkommenden Bäume ebenfalls eine wichtige Einflussgröße für den effektiven Lawinenschutz. Studien zeigen, dass, abhängig von der Baumart, Individuen ab einem Brusthöhendurchmesser von 6 bis 20 Zentimetern einen wirksamen Widerstand gegen Stammbrüche und Spalten aufweisen. Für subalpine Baumarten, wie beispielsweise Kiefer (*Pinus cembra*), Fichte (*Picea abies*) und Lärche (*Larix decidua*) liegen die unteren BHD Grenzen bei 6-16cm. Birken (*Betula*) werden laut Untersuchungen bis zu einem BHD von 20cm zerstört. Generell bieten Baumarten, die sich biegen und unter der Schneedecke begraben werden, erst ab einem BHD von mehr als 20cm einen aktiven Schutz gegen Lawinen, da sie darunter gebogen werden und auch gebrochen oder gespalten werden können (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Butler & Malanson, 1985) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Johnson E. A., 1987) (Kajimoto, Daimaru, Okamoto, Otani, & Onodera, 2004) (Margreth, 2004) (Meyer-Grass & Schneebeili, 1992) (Mears, 1975) (Schöneberger, 1978) (Schwitter, 2011) (Wakabayashi, 1971) (Zenke B. , 1985).

### ***Baumhöhe***

In enger Verbindung zum Durchmesser muss für den Schutz vor Lawinen auch die Baumhöhe betrachtet werden. Die wirksame Baumhöhe wird neben Zahlenwerten, oft auch als Verhältnis zur Schneedeckenhöhe angegeben. Nach Saeki & Matsuoka (1969) muss ein Bestand die eineinhalb- bis zweifache effektive Höhe der Schneedecke erreichen, damit mehr als 50 Prozent der Bäume die Schneedecke überragen und somit stabilisierend auf die Schneedecke wirken. Zur Ermittlung der

effektiven Schneedeckenhöhe wurde von Perzl F. (2005) hierzu die mittlere maximale Schneedeckenhöhe mit dem Faktor 2,2 multipliziert. Der Wert für die effektive Baumhöhe liegt in Zahlen ausgedrückt meist im Bereich von ca. 5 Metern. Darunter haben Bäume ohnehin meist einen zu geringen Durchmesser, wodurch sie sich wiederum unter der Schneedecke biegen oder gebrochen werden (Collin, 2014) (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Kajimoto, Daimaru, Okamoto, Otani, & Onodera, 2004) (Kupferschmid, Brang, Bugmann, & Schönenberger, 2004) (Schwitter, 2011) (Zenke B., 1985).

### ***Baumalter***

Aus der erforderlichen Baumhöhe und dem zugehörigen Brusthöhendurchmesser im unteren Grenzbereich und die natürliche Sukzession im oberen Grenzbereich kann ein bedingter Rückschluss auf das erforderliche Alter eines Bestandes gegeben werden. Höller P. (2007) gab nach Aulitzky (1988) an, dass Bestände im Alter von 40 bis 270 Jahren einen effektiven Schutz vor Lawinen bieten. In darüber- und darunterliegenden Beständen sinkt die Schutzwirkung auf Grund verschiedener Faktoren stark ab. Schwitter (2011) gibt im Vergleich dazu an, dass die Schutzwirkung bereits nach 20 Jahren erreicht ist. Abhängig von der Bonität<sup>2</sup> der stockenden Bestände können beide Untergrenzen als realistisch betrachtet werden.

### ***Deckungsgrad***

Bei genauerer Betrachtung des horizontalen Bestandaufbaus ist vor allem der Deckungsgrad eine wichtige Größe im Zusammenhang mit dem Lawinenschutz. Je höher der Deckungsgrad eines Bestandes ist, desto geringer ist die Gefahr vor Waldlawinen (Brang, 2002) (Höller P., 1992) (McClung D., 2001).

Die Werte für den erforderlichen Kronendeckungsgrad sind in der Fachliteratur sehr einheitlich und ohne erhebliche Schwankungsbreiten angegeben. Allgemein gilt, dass Bestände mit einem Deckungsgrad von unter 30 Prozent keinen Schutz, Bestände mit einer Kronendeckung von 30 bis 50 Prozent nur eingeschränkten Schutz und Bestände mit einem Kronendeckungsgrad von über 50 Prozent einen wirksamen Schutz vor Waldlawinen bieten. Zu beachten ist, dass die Werte für den wintergrünen Deckungsgrad und erst ab der effektiven Baumhöhe, bei der die Bestände die Schneedecke überragen, gelten. Darüber hinaus muss bei der Betrachtung des Deckungsgrades auch die horizontale Verteilung der Bäume im Bestand berücksichtigt werden. Die optimale Struktur haben Bestände mit einer flächendeckend annähernd gleichmäßig verteilten, wintergrünen Kronenbedeckung von zumindest 65 Prozent (Bebi, 1999) (Collin, 2014) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Margreth, 2004) (Meyer-Grass & Schneebeli, 1992) (Perzl F., 2005) (Perzl F., 2008) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016) (Schneebeli & Bebi, 2004) (Schwitter, 2011).

### ***Stammzahl***

In engem Zusammenhang mit dem Deckungsgrad steht bei Betrachtung der horizontalen Bestandesstruktur auch die Stammzahl je Hektar (Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli, 2004). Bei der Stammzahl gilt ebenfalls die grundlegende Regel, dass der Schutz vor Waldlawinen mit steigender Stammzahl zunimmt.

Die in der Vergangenheit ermittelten Werte variieren dabei jedoch stark. Während Salm (1978) angibt, dass eine direkte Unterstützung der Schneedecke erst ab einer Stammzahl von mehr als 1000

---

<sup>2</sup> Die Bonität gibt Auskunft über die Wuchsleistung einzelner Baumarten, welche über die Ertragsklasse angegeben wird (Marschall, 1992).

Bäumen/ha gegeben ist, berechnen Frehner, Wasser, & Schwitter (2005) und Margreth (2004) eine von der Hangneigung und vom Brusthöhendurchmesser abhängige Stammzahl von 500 bis 1000 Bäumen/ha. Perzl F. (2008) gibt im Zusammenhang mit Hangneigung und Deckungsgrad eine Stammzahl von 400 bis 8000 Bäumen/ha an. Meyer-Grass & Schneebeli (1992) sprechen hingegen, abhängig von Waldtyp und Brusthöhendurchmesser von einer Stammzahl von 50 bis 1100 Bäumen. Zenke B. (1985) ermittelte, abhängig von der Neigung eine Stammzahl von 200 bis 1000 Bäumen/ha. Kupferschmid, Brang, Bugmann, & Schönenberger (2004) schätzen die notwendige Stammzahl auf 930 Bäume/ha. Brang & Hallenbarter (2007) legen den Wert für die Stammzahl in Form des Stand density index (SDI)<sup>3</sup> fest und geben dabei an, dass ein SDI unter 400 nicht ausreicht, um eine Schutzwirkung von Lawinen zu gewährleisten. Perzl F. (2005) listet schließlich in einer tabellarischen Zusammenfassung verschiedener Quellen folgende Werte auf:

Tabelle 6: Notwendige Stammzahlen (N in Stück/ha) gegen Lawinenanbruch (abgeändert nach Perzl, F., 2005)

Lärche/Fichte: Ertragstafelbestände nach (Marschall, 1992) Zirbe: nach (Lick, 1991)					~N gegen Lawinenanbruch erforderlich		
					(Salm, 1978)	(Saeki & Matsuoka, 1969)	(BUWAL, 1996)
Baumart	Alter	Bonität	N	dg	bei 30°-50°	bei 30°-40°	bei 30°-40°
Lärche	140	7	252	43,4	328-2349	200-900	450 (500) -1000
Fichte	80	6	1072	22,8	402-3004	-	-
Zirbe	200	3,4	424	36	361-2539	-	-
Effektiver Durchmesser:						5 cm	16 (8) cm

Neben der Annahme der zunehmenden Schutzwirkung mit steigender Stammzahl haben nahezu alle Fachartikel eine weitere Gemeinsamkeit. Die in ihnen angegebenen, notwendigen Stammzahlen je Hektar sind praktisch betrachtet überdurchschnittlich bis unrealistisch hoch. Waldbaulich gesehen führen solch hohe Stammzahlen zu wenig vitalen, instabilen Beständen, was wiederum in direktem Widerspruch zur gewünschten Schutzfunktion steht. Daher ist die Stammzahl bei der Betrachtung von Lawinenschutzwäldern von eher untergeordneter Bedeutung (Bebi, 1999).

### **Lückenbreite & Lückenlänge**

Einer der am häufigsten genannte forstliche Parameter im Zusammenhang mit dem Schutz gegen Waldlawinen ist darüber hinaus das Auftreten von Bestandeslücken. Bedeutend sind vor allem die Ausmaße gemessen an der Lückenbreite sowie der Länge der Lücke in Fallrichtung. Allgemein gilt, dass mit zunehmender Lückengröße die Schutzwirkung des Waldes abnimmt (Bebi, Grêt-Regamey, Rhyner, & Ammann, 2004) (Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli, 2004) (Duc, Brändli, & Brassel, 2004).

In der Fachliteratur ist die Größe der Lücke meist als Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand, vereinzelt auch als Abstand von Stamm zu Stamm definiert. Nachfolgend wird, angelehnt an die Fachliteratur, als Definition für die Lückengröße ebenfalls die Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand verwendet.

Die kritische Länge von Lücken in Fallrichtung beginnt im Laubholz bei 10 Metern, im Nadelholz bei 15 Metern und reicht bis zu 60 Metern. Mit einer Zerstörung des untenliegenden Waldes wird ab

<sup>3</sup> Der Stand density Index (SDI) gibt die Bestandesdichte an, wobei davon ausgegangen wird, dass vollbestockte Bestände einer Baumart unabhängig von Bestandesalter und Ertragsklasse, die gleiche Stammzahl pro Hektar aufweisen, wenn diese denselben Mitteldurchmesser haben. (Reineke, 1933)

einer Lückenlänge von 150 bis 200 Metern gerechnet. Im Allgemeinen liegen die kritischen Ausmaße bei Laubwäldern im Schnitt um 5 bis 10 Meter niedriger als bei immergrünen Nadelwäldern. Darüber hinaus sind die Werte maßgeblich von der Hangneigung abhängig. Je höher die Hangneigung ist, desto geringer wird das kritische Ausmaß von Lücken (Bebi, 1999) (Initiative Schutz durch Wald (ISDW), 2010) (Margreth, 2004) (Merwald, 1984) (Schneebeili & Bebi, 2004). Laut Frehner, Wasser, & Schwitter (2005) spielt zusätzlich auch das Verhältnis zwischen Länge und Breite, aus welchem sich die Gesamtlückengröße ergibt, eine gewisse Rolle.

Bei der Lückenbreite quer zur Fallrichtung liegen die kritischen Werte laut Fachliteratur ähnlich denen der Lückenlänge bei 10 bis 50 Metern, wobei sich die häufigsten genannten Werte, wie auch bei der Lückenlänge bei rund 20 Metern befinden. Die kritische Lückenbreite ist dabei unter anderem von der Baumart, dem Deckungsgrad, der Hangneigung und Hangformform, der Baumartenzusammensetzung sowie vom Vorkommen von Totholz abhängig (Bebi, 1999) (Höller P., 1992) (Initiative Schutz durch Wald (ISDW), 2010) (Margreth, 2004) (Meyer-Grass & Schneebeili, 1992) (Perzl F., 2005) (Perzl F., 2008) (Zenke B., 1985) (Schima, Grieshofer, & Starsich, 2016).

Generell zu beachten ist auch, dass abhängig von den Gelände- und Bestandesparametern bei Lücken von mehreren 10 Metern, die Gesetzmäßigkeiten von Freilandlawinen zu gelten beginnen (Zenke & Konetschny, 1988).

### ***Totholz***

Eine weitere wichtige Rolle im Zusammenhang mit dem Schutz vor Waldlawinen spielen auch vom Bestandaufbau unabhängige, zusätzliche Einflussgrößen. Eine der wichtigsten zusätzlichen Einflussgrößen ist das auf der Waldfläche vorkommende Totholz. Umgestürzte und quergefällte Stämme, hoch stehende gelassene Baumstümpfe von gefällten oder gebrochenen Bäumen sowie aufgedrehte Wurzelteller können die Bildung kleinerer Lawinen wirksam verhindern. Liegendes und stehendes Totholz erhöht die Rauigkeit des Bodens und kann durch seine abstützende Wirkung helfen, die Schneedecke zu stabilisieren. Zusätzlich kann auch das Aufkommen von Jungwuchs durch Totholz unterstützt werden, was den langfristigen Erhalt der Schutzfunktion zusätzlich fördert. Als Richtwert zur Verbesserung der Schutzwirkung auf Freiflächen wird von Perzl F. (2005) eine Stückzahl ab 100 Stämmen pro Hektar angegeben. Die stabilisierende Wirkung von Totholz ist jedoch eingeschränkt und geht verloren, sobald das Totholz von der liegenden Schneedecke überragt wird. Auch zu beachten ist, dass die Schutzwirkung von Totholz zeitlich begrenzt ist. Sie nimmt durch die Zersetzung des Holzes nach 15 bis 20 Jahren deutlich ab und geht nach etwa 30 Jahren gänzlich verloren. An zu steilen Hängen und im Bereich von wasserführenden Gräben und Runsen ist darüber hinaus auf eine generelle Vermeidung von Totholz zu achten, da es bei Schadereignissen schnell zu Verklausungen und damit verbunden zu zusätzlichen Schadauswirkungen kommen kann (Bebi, Hug, & Kreiling, 2014) (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Brang, 2002) (Brang & Hallenbarter, 2007) (Brang, Schönenberger, Bachofen, Zingg, & Wehrli, 2004) (Collin, 2014) (Eisl, 2010) (Initiative Schutz durch Wald (ISDW), 2010) (Kupferschmid, Brang, Bugmann, & Schönenberger, 2004) (Margreth, 2004) (Noack, Schönenberger, & Thee, 2004) (Schwitter, 2002) (Schwitter, 2011) (Zenke B., 1985).

### ***Vegetation***

Ähnlich wie das Totholz hat auch die aufkommende Bodenvegetation Einfluss auf die Lawindynamik. Der Einfluss der Vegetation kann sich dabei sowohl positiv als auch negativ auf das Anbrechen von Waldlawinen auswirken. So fördern grasbewachsene Hänge wie laubbedeckte Waldböden Schneebewegungen, indem sie eine Gleitschicht schaffen. Aufkommende

Strauchvegetation führt hingegen zu einer Erhöhung der Oberflächenrauigkeit, wodurch ein Anbrechen von Lawinen oft wirksam verhindert werden kann (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Brang, 2002) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Höllner P. , 1992) (Meyer-Grass & Schneebeili, 1992) (Perzl F. , 2006) (Zenke & Konetschny, 1988).

### ***Verbiss***

Wildverbiss zählt, wie bereits zu Beginn der Arbeit erwähnt, zu einem der größten Probleme im Zusammenhang mit dem langfristigen Erhalt der Schutzfunktion der österreichischen Wälder. Er wirkt sich direkt auf die Verjüngungssituation und damit auch auf den zukünftigen Bestandesaufbau aus. Durch hohen Verbissdruck wird das Aufkommen der Verjüngung reduziert und teilweise stark verzögert. Darüber hinaus kommt es häufig zu einer Entmischung des Bestandes, durch den Ausfall einer oder mehrerer Baumarten. In Extremfällen kann die Verjüngung sogar gänzlich ausbleiben. Durch die eingeschränkte oder sogar ausbleibende Verjüngung wird die Schutzfunktion auf lange Sicht gesehen stark reduziert und kann in weiterer Folge auch gänzlich ausfallen (Bundesforschungszentrum für Wald, 2011) (Brang, 2002) (Brang & Hallenbarter, 2007) (Eisl, 2010) (Initiative Schutz durch Wald (ISDW) , 2010) (Kupferschmid, Brang, Bugmann, & Schönenberger, 2004).

### ***Interzeption***

Als Resultat all dieser forstlichen Einflussgrößen entstehen bestimmte Bestandesdynamiken, welche durch verschiedene, indirekte Parameter beschrieben werden können und einen zusätzlichen Einfluss auf die Auslösung von Waldlawinen haben. In diesem Zusammenhang werden die drei am häufigsten genannten indirekten, forstlichen Parameter ergänzend dargestellt.

Als erste indirekte Einflussgröße wird der Einfluss von Waldbeständen auf die Interzeption betrachtet. Innerhalb von Beständen wird abhängig von der Niederschlagsintensität- und -dauer ein gewisser Teil des Niederschlages in den Bäumen abgefangen, wo er anschließend verdunstet. Dies führt in weiterer Folge zu einer geringeren und späteren Ablagerung des Schnees und somit zu einer niedrigeren Schneedeckenhöhe im Bestandesinneren. Die Schneeablagerung und der Aufbau der Schneedecke gestalten sich darüber hinaus auch inhomogener als im Freiland. Immergrüne Baumarten haben dabei höhere Interzeptionswerte gegenüber winterkahlen Baumarten (Bebi, 1999) (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Höllner P. , 1992) (Margreth, 2004) (Pfister & Schneebeili, 1999).

### ***Strahlungshaushalt***

Als zweite indirekte Einflussgröße wird der Strahlungshaushalt angeführt. Der Strahlungshaushalt innerhalb von Beständen unterscheidet sich ebenfalls stark vom vorherrschenden Strahlungshaushalt im Freiland. Die Menge und Dauer der kurzwelligen Sonneneinstrahlung, sowie die ausgehende, langwellige Abstrahlung sind im Inneren der Bestände vermindert. Die damit zusammenhängenden Temperaturschwankungen sind damit im Bestandesinneren geringer als auf freien Flächen, wodurch die Ausbildung von störanfälligen, instabilen Schwachschichten (weak layer) und Gleitschichten reduziert wird (Bebi, 1999) (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Höllner P. , 1992) (Margreth, 2004). Zu beachten sind in diesem Zusammenhang besonders Waldränder, da hier ein Übergang vom Strahlungshaushalt im Freiland zum Strahlungshaushalt im Bestand stattfindet. Dieser Übergang führt zu Spannungsgegensätzen und damit verbundenen Spannungen in der Schneedecke, was die Anfälligkeit gegen Waldlawinen im Bereich von Waldrändern erhöht (Höllner P. , 1992).

### ***Windverhältnisse***

Als letzter Parameter werden die Windverhältnisse im Bestandesinneren erwähnt. Bestände bewirken durch ihren Aufbau eine starke Verminderung der Windgeschwindigkeiten. Dadurch nimmt die Verfrachtung von Schneemassen ab und die Lawinengefahr wird in weiterer Folge herabgesetzt. Auch bei Betrachtung des Windeinflusses sind Bestandesränder und Bestandeslücken von besonderer Bedeutung. In diesen Bereichen kommt es meist zu einer vermehrten Ablagerung von Schneemassen, was wiederum eine erhöhte Lawinengefahr mit sich bringt (Bebi, Kulakowski, & Rixen, 2009) (Eisl, 2010) (Frehner, Wasser, & Schwitter, 2005) (Margreth, 2004) (McClung D. , 2001) (Miller, 1964) (Schneebeli & Bebi, 2004).

## Ergebnisse der Fallstudie

### Korrelationsanalyse

Nach Abschluss der Literaturrecherche folgte die Auswertung der, bei den Felddaten erhobenen Daten mittels SPSS-Statistics. Dazu fanden, wie in den Methoden beschrieben, im ersten Schritt Korrelationsanalysen über den Spearman'sche'n Rangkorrelationskoeffizient statt, in denen die Stärke und Richtung der linearen Beziehungen zwischen den Variablen ermittelt wurden. Verglichen wurden die elf zur statistischen Auswertung aufbereiteten Variablen Bestandesaufbau, Lücken, Totholz, Anteil Nadelholz, Anteil Laubholz, Beschirmung, Stammzahl/ha, Entwicklungsphase, Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbiss. Die Durchführung der Korrelationsanalysen ergab die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse.

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen den 27 Variablenpaaren „Bestandesaufbau“ und „Lücken“ (Signifikanz: 0,704), „Bestandesaufbau“ und „Totholz“ (Signifikanz: 0,210), „Bestandesaufbau“ und „Beschirmung“ (Signifikanz: 0,132), „Bestandesaufbau“ und „Stammzahl/ha“ (Signifikanz: 0,186), „Bestandesaufbau“ und „Entwicklungsphase“ (Signifikanz: 0,653), „Lücken“ und „Totholz“ (Signifikanz: 0,127), „Lücken“ und „Anteil Nadelholz“ (Signifikanz: 0,669), „Lücken“ und „Anteil Laubholz“ (Signifikanz: 0,669), „Lücken“ und „Entwicklungsphase“ (Signifikanz: 0,745), „Lücken“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Signifikanz: 0,091), „Lücken“ und „Verjüngungsprobleme“ (Signifikanz: 0,107), „Totholz“ und „Anteil Nadelholz“ (Signifikanz: 0,462), „Totholz“ und „Anteil Laubholz“ (Signifikanz: 0,462), „Totholz“ und „Stammzahl/ha“ (Signifikanz: 0,141), „Totholz“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Signifikanz: 0,087), „Totholz“ und „Verjüngungsprobleme“ (Signifikanz: 0,527), „Totholz“ und „Verbiss“ (Signifikanz: 0,869), „Anteil Nadelholz“ und „Beschirmung“ (Signifikanz: 0,694), „Anteil Nadelholz“ und „Stammzahl/ha“ (Signifikanz: 0,285), „Anteil Laubholz“ und „Beschirmung“ (Signifikanz: 0,694), „Anteil Laubholz“ und „Stammzahl/ha“ (Signifikanz: 0,285), „Stammzahl/ha“ und „Entwicklungsphase“ (Signifikanz: 0,969), „Stammzahl/ha“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Signifikanz: 0,581), „Stammzahl/ha“ und „Verbiss“ (Signifikanz: 0,244), „Entwicklungsphase“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Signifikanz: 0,077), „Entwicklungsphase“ und „Verjüngungsprobleme“ (Signifikanz: 0,443) sowie „Entwicklungsphase“ und „Verbiss“ (Signifikanz: 0,240).

Eine mittelstarke, signifikante, positive Korrelation besteht zwischen den drei Variablenpaaren „Lücken“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: 0,215; Signifikanz: 0,028), „Anteil Laubholz“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Korrelationskoeffizient: 0,252; Signifikanz: 0,012) und „Beschirmung“ und „Entwicklungsphase“ (Korrelationskoeffizient: 0,274; Signifikanz: 0,013).

Weiters besteht eine mittelstarke, signifikante, negative Korrelation zwischen dem Variablenpaar „Anteil Nadelholz“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Korrelationskoeffizient: -0,252; Signifikanz: 0,012).

Zwischen den sieben Variablenpaaren „Bestandesaufbau“ und „Anteil Laubholz“ (Korrelationskoeffizient: 0,279; Signifikanz: 0,005), „Bestandesaufbau“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: 0,383; Signifikanz: 0,000), „Bestandesaufbau“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: 0,392; Signifikanz: 0,000), „Totholz“ und „Beschirmung“ (Korrelationskoeffizient: 0,291; Signifikanz: 0,003), „Anteil Nadelholz“ und „Entwicklungsphase“ (Korrelationskoeffizient: 0,327; Signifikanz: 0,004), „Anteil Laubholz“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: 0,286; Signifikanz: 0,004) sowie „Anteil Laubholz“ und „Verbiss“

(Korrelationskoeffizient: 0,263; Signifikanz: 0,009) besteht eine mittelstarke, hochsignifikante, positive Korrelation.

Darüber hinaus besteht eine mittelstarke, hochsignifikante, negative Korrelation zwischen den sieben Variablenpaaren „Bestandesaufbau“ und „Anteil Nadelholz“ (Korrelationskoeffizient: -0,279; Signifikanz: 0,005), „Lücken“ und „Beschirmung“ (Korrelationskoeffizient: -0,323; Signifikanz: 0,001), „Lücken“ und „Stammzahl/ha“ (Korrelationskoeffizient: -0,306; Signifikanz: 0,001), „Anteil Nadelholz“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: -0,286; Signifikanz: 0,004), „Anteil Nadelholz“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: -0,263; Signifikanz: 0,0095), „Anteil Laubholz“ und „Entwicklungsphase“ (Korrelationskoeffizient: -0,327; Signifikanz: 0,004) und „Stammzahl/ha“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: -0,249; Signifikanz: 0,010).

Eine starke, hochsignifikante, positive Korrelation besteht zwischen den sechs Variablenpaaren „Bestandesaufbau“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Korrelationskoeffizient: 0,477; Signifikanz: 0,000), „Totholz“ und „Entwicklungsphase“ (Korrelationskoeffizient: 0,543; Signifikanz: 0,000), „Beschirmung“ und „Stammzahl/ha“ (Korrelationskoeffizient: 0,447; Signifikanz: 0,000), „Verjüngungsbereitschaft“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: 0,713; Signifikanz: 0,000), „Verjüngungsbereitschaft“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: 0,834; Signifikanz: 0,000) und „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: 0,834; Signifikanz: 0,000).

Zuletzt besteht eine starke, hochsignifikante, negative Korrelation zwischen den vier Variablenpaaren „Anteil Nadelholz“ und „Anteil Laubholz“ (Korrelationskoeffizient: -1,000; Signifikanz: -), „Beschirmung“ und „Verjüngungsbereitschaft“ (Korrelationskoeffizient: -0,455; Signifikanz: 0,000), „Beschirmung“ und „Verjüngungsprobleme“ (Korrelationskoeffizient: -0,402; Signifikanz: 0,000) sowie „Beschirmung“ und „Verbiss“ (Korrelationskoeffizient: -0,415; Signifikanz: 0,000).

Tabelle 7: Zusammenfassung der Korrelationsergebnisse (K... Korrelation; **K**... starke Korrelation)

Parameter	Bestandesaufbau	Lücken	Totholz	Anteil Nadelholz	Anteil Laubholz	Deckungsgrad	Stammzahl	Entwicklungsphase	Verjüngungsbereitschaft	Verjüngungsprobleme	Verbiss
Bestandesaufbau				K	K				K	<b>K</b>	K
Lücken						K	K				K
Totholz						K		<b>K</b>			
Anteil Nadelholz	K				<b>K</b>			K	K	K	K
Anteil Laubholz	K			<b>K</b>				K	K	K	K
Deckungsgrad		K	K				<b>K</b>	K	<b>K</b>	<b>K</b>	<b>K</b>
Stammzahl		K				<b>K</b>				K	
Entwicklungsphase			<b>K</b>	K	K	K					
Verjüngungsbereitschaft	<b>K</b>			K	K	<b>K</b>				<b>K</b>	<b>K</b>
Verjüngungsprobleme	K			K	K	<b>K</b>	K		<b>K</b>		<b>K</b>
Verbiss	K	K		K	K	<b>K</b>			<b>K</b>	<b>K</b>	

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen zeigen, dass gesamt 28 Variablenpaare miteinander korrelieren. 18 der Korrelationen können dabei als mittelstark eingestuft werden, die verbleibenden zehn Korrelationen werden basierend auf den errechneten Korrelationskoeffizienten als stark eingestuft. Von den 18 mittelstark korrelierenden Werten weisen vier eine hohe Signifikanz von  $\leq 0,01$  auf, die restlichen 14 Werte werden als signifikant (Signifikanz  $\leq 0,05$ ) eingestuft. Von den zehn Variablenpaaren mit starker Korrelation werden alle als hochsignifikant eingestuft. Die verbleibenden 27 Variablenpaare weisen hingegen keine statistisch signifikanten Korrelationen auf. Zusammenfassungen der Ergebnisse der Korrelationsanalysen sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Korrelationsmatrix

		Bestandes- aufbau	Lücken	Totholz	Anteil Nadelholz	Anteil Laubholz	Deckungs- grad	Stammzahl /ha	Entwicklungs- phase	Vegetation	Verjüngungs- bereitschaft	Verjüngungs- probleme	Verbiss
Bestandes- aufbau	Korrelationsko.	1,000	-0,039	0,127	-0,279	0,269	-0,152	0,134	-0,429	0,152	0,477	0,383	0,392
	Sig. (2-seitig)	.	0,704	0,210	0,005	0,008	0,132	0,186	0,000	0,133	0,000	0,000	0,000
	N	99	99	99	99	97	99	99	99	99	99	99	99
Lücken	Korrelationsko.	-0,039	1,000	-0,150	-0,043	0,037	-0,323	-0,306	0,018	0,281	0,166	0,158	0,215
	Sig. (2-seitig)	0,704	.	0,127	0,669	0,722	0,001	0,001	0,858	0,004	0,091	0,107	0,028
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Totholz	Korrelationsko.	0,127	-0,150	1,000	0,075	-0,070	0,291	0,145	0,236	-0,084	-0,168	0,062	-0,016
	Sig. (2-seitig)	0,210	0,127	.	0,462	0,497	0,003	0,141	0,015	0,392	0,087	0,527	0,869
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Anteil Nadelholz	Korrelationsko.	-0,279	-0,043	0,075	1,000	-1,000	0,040	-0,109	0,409	-0,297	-0,252	-0,286	-0,263
	Sig. (2-seitig)	0,005	0,669	0,462	.	.	0,694	0,285	0,000	0,003	0,012	0,004	0,009
	N	99	99	99	99	97	99	99	99	99	99	99	99
Anteil Laubholz	Korrelationsko.	0,269	0,037	-0,070	-1,000	1,000	-0,029	0,093	-0,401	0,281	0,238	0,303	0,251
	Sig. (2-seitig)	0,008	0,722	0,497	.	.	0,776	0,366	0,000	0,005	0,019	0,003	0,013
	N	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Deckungsgrad	Korrelationsko.	-0,152	-0,323	0,291	0,040	-0,029	1,000	0,447	0,180	-0,409	-0,455	-0,402	-0,415
	Sig. (2-seitig)	0,132	0,001	0,003	0,694	0,776	.	0,000	0,066	0,000	0,000	0,000	0,000
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Stammzahl/ha	Korrelationsko.	0,134	-0,306	0,145	-0,109	0,093	0,447	1,000	-0,041	-0,259	-0,054	-0,249	-0,115
	Sig. (2-seitig)	0,186	0,001	0,141	0,285	0,366	0,000	.	0,679	0,008	0,581	0,010	0,244
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Entwicklungs- phase	Korrelationsko.	-0,429	0,018	0,236	0,409	-0,401	0,180	-0,041	1,000	-0,205	-0,321	-0,295	-0,274
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,858	0,015	0,000	0,000	0,066	0,679	.	0,036	0,001	0,002	0,005
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Vegetation	Korrelationsko.t	0,152	0,281	-0,084	-0,297	0,281	-0,409	-0,259	-0,205	1,000	0,431	0,538	0,557
	Sig. (2-seitig)	0,133	0,004	0,392	0,003	0,005	0,000	0,008	0,036	.	0,000	0,000	0,000
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Verjüngungs- bereitschaft	Korrelationsko.	0,477	0,166	-0,168	-0,252	0,238	-0,455	-0,054	-0,321	0,431	1,000	0,713	0,834
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,091	0,087	0,012	0,019	0,000	0,581	0,001	0,000	.	0,000	0,000
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Verjüngungs- probleme	Korrelationsko.	0,383	0,158	0,062	-0,286	0,303	-0,402	-0,249	-0,295	0,538	0,713	1,000	0,834
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,107	0,527	0,004	0,003	0,000	0,010	0,002	0,000	0,000	.	0,000
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105
Verbiss	Korrelationsko.	0,392	0,215	-0,016	-0,263	0,251	-0,415	-0,115	-0,274	0,557	0,834	0,834	1,000
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,028	0,869	0,009	0,013	0,000	0,244	0,005	0,000	0,000	0,000	.
	N	99	105	105	99	97	105	105	105	105	105	105	105

Im nächsten Schritt wurden alle stark korrelierenden Variablen (Korrelation +/- 0,50) miteinander verglichen, Variablen bei denen auch ein kausaler Zusammenhang vorliegt, genauer betrachtet und abhängig vom Ergebnis einer der beiden Parameter gestrichen.

Die erste starke Korrelation besteht zwischen den beiden Variablen „Bestandesaufbau“ und „Verjüngungsbereitschaft“. Der Korrelationskoeffizient von 0,477 und der Signifikanzwert von 0,000 lassen auf eine hochsignifikante, starke, positive Korrelation schließen. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zeigen somit, dass die Verjüngungsbereitschaft statistisch betrachtet in engem Zusammenhang mit den zunehmenden Schichten ebenfalls zunimmt. Da jedoch kein direkter kausaler Zusammenhang dieser Bestandeseigenschaften bekannt ist und diese auch differenzierte Eigenschaften gegenüber dem Schutz vor Waldlawinen aufweisen, werden beide Variablen für die weiterführenden, statistischen Auswertungen beibehalten.

Eine weitere hochsignifikante, starke Korrelation (Korrelationskoeffizient 0,543; Signifikanz: 0,000) ergibt sich zwischen den beiden Variablen „Totholz“ und „Entwicklungsphase“. Der positive Zusammenhang gibt Aussage darüber, dass der Anteil an Totholz mit steigendem Bestandesalter zunimmt. Dieser Zusammenhang scheint auch aus waldbaulicher Sicht durchaus realistisch. So sind in der Jungwuchs- und Dickungsphase noch keine abgestorbenen Individuen in entsprechender Dimension vorzufinden, Ausnahmen bilden lediglich belassene Stämme aus vorangegangenen Beständen. Erst in der Optimalphase (Stangen- und Baumholzalter) kommt es zu einer immer stärkeren Differenzierung der einzelnen Individuen und in diesem Zusammenhang auch zu einem Absterben der unterständigen Stämme. Da diese keine Bedränger der herrschenden Schicht darstellen, verbleiben sie auch nach waldbaulichen Eingriffen im Bestand. Beim Übergang in das Altholzstadium setzt darüber hinaus auf Grund der natürlichen Sukzession die Zerfallsphase ein, was zu einer steigenden Mortalität und somit zu einer weiteren Zunahme von Totholz führt. Der Zusammenhang zwischen Totholz und Entwicklungsphase ist somit zwar kausal erklärbar, da jedoch beide Variablen differenzierte Eigenschaften zum Schutz vor Lawinen aufweisen, werden auch beide zur weiteren statistischen Auswertung herangezogen.

Die Beschirmung weist bei der Auswertung der Korrelationsanalysen im Vergleich zu allen anderen Variablen die größte Anzahl an Zusammenhängen auf. Sie korreliert mit den vier Variablen „Stammzahl/ha“ (Korrelationskoeffizient 0,447), Verjüngungsbereitschaft (Korrelationskoeffizient - 0,455), Verjüngungsprobleme (Korrelationskoeffizient -0,402) und Verbiss (Korrelationskoeffizient - 0,415). Der Zusammenhang von Beschirmung und Stammzahl/ha erscheint grundsätzlich logisch, da in vergleichbaren Beständen mit zunehmender Stammzahl die Bestandesdichte und somit auch die Beschirmung zunehmen. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Beschirmung keineswegs nur von der Stammzahl, sondern vielmehr auch von der Baumartenzusammensetzung, dem Bestandesalter, von der Ertragsklasse und der damit verbundenen Größe der einzelnen Individuen abhängt. So kann ein Altholzbestand mit weit weniger Individuen ein geschlossenes Kronendach bilden als ein vergleichbarer Bestand in der Stangenholzphase. Dasselbe gilt für den Vergleich von beispielsweise Fichten- und Buchenbeständen. Durch die Ausbildung größerer Kronen können Buchenreinbestände bereits mit wenigen Bäumen ein geschlossenes Kronendach bilden, während die vergleichsweise schmalkronigen Fichten eine Vielzahl an Individuen zum Schluss des Kronendaches benötigen. Ein möglicher, direkter Zusammenhang der Variablen kann aus diesen Gründen nur durch den Vergleich von Beständen mit ansonsten einheitlichen Eigenschaften ermittelt werden. Da die beiden Variablen jedoch ohnehin differenzierte Einflüsse auf den Schutz vor Lawinen haben, wird auf eine detaillierte

Ermittlung der Zusammenhänge verzichtet und es werden beide Bestandesparameter für die weiteren Berechnungen übernommen.

Zwischen der Beschirmung und der Verjüngungsbereitschaft (Korrelationskoeffizient: -0,455; Signifikanz: 0,000), den Verjüngungsproblemen (Korrelationskoeffizient: -0,402; Signifikanz: 0,000) und dem Verbiss (Korrelationskoeffizient: -0,415; Signifikanz: 0,000) kann ebenfalls ein hochsignifikanter, starker kausaler Zusammenhang festgestellt werden. Hier muss kurz auf nachfolgende Ergebnisse vorgegriffen werden. Da die drei Variablen Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbiss korrelieren und auch ein direkter kausaler Zusammenhang besteht, werden in weiterer Folge zwei der Parameter gestrichen, sodass als Variable nur die Verjüngungsbereitschaft (neu: Verjüngungssituation) verbleibt. Aus diesem Grund findet bereits hier nur der Vergleich der beiden Variablen Beschirmung und Verjüngungsbereitschaft statt. Die negative Korrelation zeigt, dass die Verjüngungsbereitschaft statistisch gesehen mit zunehmender Beschirmung abnimmt. Dieser Zusammenhang erscheint auch aus waldbaulicher Sicht auf Grund mehrerer, komplexer Zusammenhänge als durchaus logisch. So benötigt Jungwuchs im Allgemeinen zum Wachstum vor allem genügend Licht, Wasser und Nährstoffe. Diese sind innerhalb von großen Waldgebieten vorrangig auf Freiflächen oder in bereits aufgelockerten Baum- und Altholzbeständen mit abnehmender Beschirmung und wenig Konkurrenzvegetation zu finden. In dichtstehenden Dickungs- und Stangeholzbeständen mit hoher Beschirmung ist der Konkurrenzdruck hingegen zu groß und ein Aufkommen der Verjüngung auf Grund der herrschenden Verdunkelung und der Nährstoffkonkurrenz stark eingeschränkt. Da jedoch unabhängig vom kausalen Zusammenhang auch in diesem Fall beide Bestandesparameter unterschiedliche Eigenschaften zur Erfüllung der Schutzfunktion vor Lawinen aufweisen, werden wiederum beide Variablen zur weiteren Analyse beibehalten.

Als nächstes wird das Ergebnis der Korrelationsanalyse in Bezug auf die Verteilung von Nadelholz und Laubholz näher betrachtet. Die Verteilung wird durch die beiden Variablen „Anteil Nadelholz“ und „Anteil Laubholz“ abgebildet. Da diese in direkt entgegengesetztem Zusammenhang zueinander stehen, ergibt sich als Ergebnis der Korrelationsanalyse ein Korrelationskoeffizient von -1,000. Die Variable „Anteil Laubholz“ wird aus diesem Grund gestrichen und nur die Variable „Anteil Nadelholz“ für weitere Berechnungen verwendet. Aussagen über die Auswirkungen von Laubholz, welche direkt gegensätzlich denen des Einflusses von Nadelholz sind, können bei der Auswertung der Hypothesentests auf Grund des unmittelbaren Zusammenhangs der beiden Variablen getroffen werden.

Die letzten starken und hochsignifikanten Korrelationen bestehen, wie bereits kurz erwähnt, zwischen den drei Variablen „Verjüngungsbereitschaft“, „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“. Der Korrelationskoeffizient Verjüngungsbereitschaft – Verjüngungsprobleme liegt bei 0,713, die Korrelationskoeffizienten zwischen Verjüngungsbereitschaft – Verbiss und Verjüngungsprobleme – Verbiss liegen jeweils bei 0,834. Zuerst wird auf die starke Korrelation zwischen den beiden Variablen Verjüngungsbereitschaft und Verjüngungsprobleme eingegangen. Nachdem bei den Feldaufnahmen im ersten Schritt die Verjüngungsbereitschaft (keine, vereinzelt, mäßig, stark) erhoben wurde, fand eine anschließende Untersuchung der zugehörigen Verjüngungsprobleme statt. Bei der Auswertung der Verjüngungsprobleme wurde nur zwischen den beiden Merkmalsausprägungen „Verjüngungsprobleme vorhanden“ und „keine Verjüngungsprobleme vorhanden“ unterschieden. Die Verjüngungsprobleme umfassten dabei Trockenheit, Frostrocknis, Käferbefall, Gleitschnee, Steinschlag, Erosion und Sonstiges. Je höher die Verjüngungsbereitschaft und desto ausgeprägter die

Verjüngung war, desto wahrscheinlicher war es, dass an einem der aufgenommenen Bäumchen ein Verjüngungshemmnis entdeckt wurde. Dies führte in weiterer Folge zu der stark ausgeprägten Korrelation der beiden Variablen, wobei sowohl die Verjüngungsbereitschaft als auch die Verjüngungsprobleme vor allem auf Freiflächen stark ansteigen. Als zweiter Zusammenhang wird die Korrelation der Verjüngungsbereitschaft mit dem Verbiss betrachtet. Vereinzelt wurde Verjüngung meist innerhalb von Beständen vorgefunden, wo auch der Verbiss entsprechend geringer war. Auf Freiflächen mit flächiger Verjüngung stieg hingegen auch der Wildverbiss an, was eine mögliche kausale Erklärung für die starke Korrelation der beiden Variablen darstellt. Zuletzt muss ein Blick auf die Korrelation der beiden Parameter Verjüngungsprobleme und Verbiss geworfen werden. Ähnlich den beiden vorangegangenen Zusammenhängen lässt sich auch diese Korrelation durch die tendenzielle Zunahme beider Verjüngungshemmnisse auf Freiflächen erklären. Sowohl die Verjüngungsprobleme als auch der Verbiss steigen bei Stichprobenpunkten mit flächiger Verjüngung, welche sich vermehrt auf Freiflächen befinden tendenziell an und sinken im Inneren von Beständen ab. Somit ergibt sich in weiterer Folge eine starke Korrelation dieser beiden Variablen. Zusammengefasst betrachtet liegt somit ein Zusammenhang zwischen allen drei Variablen vor. Die beiden Variablen Verjüngungsprobleme und Verbiss haben dabei einen direkten Einfluss auf die Verjüngungsbereitschaft und sind indirekt durch diese abgebildet. Da die drei Variablen darüber hinaus keine differenzierten Eigenschaften im Hinblick auf die Schutzwirkung vor Lawinen aufweisen, wurden die beiden Variablen Verjüngungsprobleme und Verbiss gestrichen und einzig die Verjüngungsbereitschaft, nun unter dem Begriff „Verjüngungssituation“ zur weiteren Berechnung beibehalten.

Nach erfolgter Auswertung der Korrelationsanalysen bleiben acht Variablen, welche zur Hypothesenprüfung herangezogen werden.

## **Prüfung der Hypothesen – Versuchsgruppe 1**

Die Prüfung der vor Beginn der Auswertungen aufgestellten Nullhypothese, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss gibt, findet zuerst innerhalb der ersten Versuchsgruppe, den potentiellen Anrissflächen von Lawinen statt. Die abhängige Variable ist für alle durchgeführten Hypothesentests der Einfluss von Schnee (Vergleich schneebeeinflusster Bestände mit Beständen ohne Einfluss von Schnee).

### ***Bestandesaufbau***

Die erste zu prüfende Variable ist der Bestandesaufbau. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf den Bestandesaufbau kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei Betrachtung der Anzahl der ausgewerteten Stichproben wird ersichtlich, dass nur 49 der 52 erhobenen, potentiellen Anrissflächen getestet wurden. Die verbleibenden drei Stichprobenpunkte befinden sich auf Freiflächen, auf welchen eine Erhebung des Bestandesaufbaus entfiel. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests hinsichtlich der Signifikanz zeigt einen Signifikanzwert von 0,007. Es liegt somit ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vor und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,387$  im mittleren Bereich. Werden die beiden mittleren Ränge miteinander verglichen, so zeigt sich, dass Bestände ohne Einfluss von Schnee statistisch gesehen weniger geschichtet sind als schneebeeinflusste Bestände.

Dieses Ergebnis steht in direktem Widerspruch zu den Ergebnissen der Literaturrecherche, deren Ergebnisse mehrstufigen Beständen eine wirksamere Schutzfunktion gegenüber Lawinen zusprechen als einstufigen Beständen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass in der Fachliteratur im Zusammenhang mit mehrstufigen Beständen im Allgemeinen von Wäldern mit plenterartigen Strukturen oder ausgeprägten Plenterwäldern gesprochen wird. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei den im Zuge der Feldaufnahmen erhobenen, mehrstufigen Beständen größtenteils um Altersklassenwälder, welche meist nur eine ausgeprägte Schicht mit weiteren untergeordneten Schichten aufweisen. Wälder mit plenterartigen Strukturen wurden hingegen nur auf vereinzelt Probepunkten vorgefunden. Die statistische Auswertung der Feldaufnahmen bezogen auf die Unterschiede im Bestandesaufbau kann daher nur als bedingt repräsentativ angesehen werden.

### ***Bestandeslücken***

Als zweite Variable wird der Einfluss von vorhandenen Bestandeslücken geprüft. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf das Auftreten von Lücken mit einer Mindestgröße von 20 x 20 Metern kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei Betrachtung der Stichprobenanzahl wird ersichtlich, dass alle 52 erhobenen Stichprobenpunkte getestet wurden. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die zuvor aufgestellte Nullhypothese, dass sich schneebeeinflusste Bestände nicht von denen ohne Einfluss von Schnee unterscheiden, der Signifikanzwert liegt bei 0,729.

Das Ergebnis des Hypothesentests für die Variable „Lücken“ widerspricht auch diesmal den Erkenntnissen früherer Studien. Die Auswertung des Hypothesentests liefert auf Grund der zugrundeliegenden Aufnahmedaten jedoch abermals nur bedingt repräsentative Ergebnisse.

Begründet wird diese Erkenntnis dadurch, dass nicht von einer vollständigen Erhebung aller Lücken während der Felddatenerhebungen ausgegangen werden kann. Dies liegt daran, dass die Lücken im Zuge der Felddatenerhebungen direkt vor Ort erhoben wurden und eine vollständige Kartierung aller Lücken im Zuge von Geländeaufnahmen nur unter erheblichem, zeitlichen Aufwand durch wiederholte, geordnete Begehungen des gesamten Gebietes möglich wäre. Da die Geländeaufnahmen jedoch keinem regelmäßigen Raster folgten, kann das Vorhandensein von Lücken auch in Beständen in denen keine Lücken aufgenommen wurden, nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Dies führt in weiterer Folge zu einer potentiellen Verzerrung der statistisch ausgewerteten Ergebnisse.

### ***Totholz***

Die nächste untersuchte Variable bezieht sich auf den Einfluss von Totholz. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf das Vorkommen von Totholz kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei dem durchgeführten Hypothesentest wurden alle 52 erhobenen Stichprobenpunkte berücksichtigt. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt auch diesmal die aufgestellte Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht.

Wie bereits die Variablen Bestandesaufbau und Lücken widerspricht der Parameter Totholz ebenfalls den Erkenntnissen aus vorangegangenen Studien und ist wegen der zugrundeliegenden Aufnahmedaten nur bedingt repräsentativ. Im Zuge der durchgeführten Felddatenerhebungen wurde nur das generelle Vorkommen von stehendem und liegendem Totholz ohne die zugehörigen Stammzahlen erhoben. Während der Recherche einschlägiger Fachliteratur wurde jedoch festgestellt, dass Totholz erst ab einer Stammzahl von mehr als 100 Bäumen pro Hektar einen wirksamen Schutz vor Waldlawinen darstellt. Auf Grund des generellen Vorkommens von Totholz kann somit nicht auf einen Zusammenhang mit dem effektiven Lawinenschutz geschlossen werden. Dies bedeutet in weiterer Folge, dass die Ergebnisse des durchgeführten Hypothesentests keinen aussagekräftigen Rückschluss auf den Einfluss von Totholz gegenüber Waldlawinen zulassen.

### ***Verteilung von Nadel- und Laubholz***

Als weiterer Bestandesparameter wird die Verteilung von Laub- und Nadelholz anhand des Anteils von Nadelholz geprüft. Die Nullhypothese besagt, dass bezogen auf den Anteil von Nadelholz kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Gleich dem Bestandesaufbau konnte auch der Anteil von Nadelholz aus schlüssigen Gründen nur auf Probepunkten, auf denen Wald stockt erhoben werden. Deshalb liegt die Anzahl der ausgewerteten Stichprobenpunkte bei der Variable „Anteil Nadelholz“ ebenfalls bei nur 49 Flächen. Die verbliebenen drei potentiellen Anrissflächen, befinden sich wiederum auf Freiflächen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests weist eine Signifikanz von 0,016 auf. Es besteht somit ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,346$  im mittleren Bereich.

Werden die beiden mittleren Ränge miteinander verglichen, so zeigt sich, dass Bestände ohne Einfluss von Schnee statistisch gesehen größere Anteile an Nadelholz aufweisen als schneebeeinflusste Bestände. Umgekehrt betrachtet bedeutet dieses Ergebnis, dass ein vermehrter Laubholzanteil den Einfluss von Schnee fördert.

Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Resultaten der Literaturrecherche, welche einheitlich zeigen, dass die Lawinendisposition mit steigendem Anteil an Nadelholz abnimmt. Bei Betrachtung der Außenaufnahmen, kann auf Grund der lückenlosen Erhebung der Laub- und Nadelholzanteile im Untersuchungsgebiet und der anschließenden Kontrolle der Erhebungsdaten mit den Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG davon ausgegangen werden, dass die Aufnahmedaten genaue und repräsentative Ergebnisse der statistischen Auswertungen zulassen.

### ***Beschirmung***

Die anschließend zu prüfende Variable ist die Beschirmung. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf die Beschirmung kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Zur Auswertung des Hypothesentests für die Variable Beschirmung wurde die Gesamtheit der 52 erhobenen Stichprobenpunkte herangezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht (Signifikanzwert: 0,655).

Die Ergebnisse des durchgeführten Hypothesentests stehen im Widerspruch zu den Erkenntnissen der Literaturrecherche und hängen, wie bei allen geprüften Variablen auch diesmal stark von den Ergebnissen der vor Ort erhobenen Aufnahmedaten ab. Die im Zuge der Feldaufnahmen durchgeführte Erhebung der Beschirmung erfolgte durch okulare Ansprache der sommergrünen Bäume. Diese unterscheidet sich jedoch vor allem in den weitgehend sommergrünen, laubholzreichen Mischbeständen und Laubholzbeständen stark von der Beschirmung während der Wintermonate. Die auf den Außenaufnahmen basierenden Ergebnisse des durchgeführten Hypothesentests lassen somit nur bedingt repräsentative Rückschlüsse auf den Einfluss von Schnee in Zusammenhang mit dem Grad der Beschirmung zu.

### ***Stammzahl je Hektar***

Die einzige zu prüfende, metrische Variable ist die Stammzahl je Hektar. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf die Stammzahl je Hektar kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Für die statistische Auswertung der Stammzahlen wurden ebenfalls alle 52 aufgenommenen Probepunkte verwendet. Das Ergebnis des t- Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,677).

Betrachtet man die Mittelwerte der aufgenommenen Stammzahlen je Hektar, liegen diese bei rund 320 beziehungsweise 350 Stämmen pro Hektar und somit weit unter den, in der Fachliteratur angegebenen Werten, für einen wirksamen Lawinenschutz von bis zu 1000 Stämmen je Hektar. Das Ergebnis des durchgeführten Hypothesentests, welches aufzeigt, dass bezogen auf die Stammzahl je Hektar kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht, bestätigt somit auch die Ergebnisse der behandelten Studien. Bei einer Bewertung der durchgeführten Außenaufnahmen, kann auf Grund der mittels Probekreisen erhobenen Stammzahl/ha im Untersuchungsgebiet davon ausgegangen werden, dass die Aufnahmedaten repräsentative Ergebnisse der statistischen Auswertungen zulassen.

### ***Entwicklungsphase***

Als nächste Variable wurde die Entwicklungsphase geprüft. Die Nullhypothese besagt, dass bezogen auf die Entwicklungsphase kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Es wurden wiederum alle in der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissgebiete erhobenen Stichprobenpunkte in die Hypothesenprüfung miteinbezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests weist eine Signifikanz von 0,002 auf. Es besteht somit ein statistisch signifikanter Unterschied der beiden Gruppen und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,421$  im starken Bereich.

Bei einem Vergleich der mittleren Ränge zeigt sich weiter, dass ein starker Zusammenhang zwischen der Entwicklungsphase und dem Einfluss von Schnee dahingehend besteht, dass der Einfluss von Schnee mit zunehmenden Bestandesalter abnimmt.

Das Ergebnis des durchgeführten Hypothesentests deckt sich mit den, aus der Literaturrecherche gewonnenen Erkenntnissen früherer Studien und entspricht darüber hinaus auch bisherigen Erfahrungswerten. Während Jungwuchs- und Dickungsbestände auf Grund ihrer Bestandeseigenschaften (BHD, Baumhöhe, ...) nur bedingten Schutz vor Schneebewegungen aufweisen, können Bestände ab der Stangenholzphase der Lawinendisposition bereits effektiv entgegenwirken. Bestände im Baumholzalter bieten schlussendlich den vermutlich größten Schutz vor dem Anbruch von Waldlawinen. Auf Grund der repräsentativen Erhebung der Entwicklungsphasen und der Kontrolle der Daten mit den Operatsdaten der ÖBf-AG wird davon ausgegangen, dass die Aufnahmedaten genaue Ergebnisse der statistischen Auswertungen zulassen.

### ***Verjüngungssituation***

Die letzte Variable der ersten Versuchsgruppe behandelt die aufgenommene Verjüngungssituation. Die Nullhypothese besagt, dass bezogen die Verjüngungssituation kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Für den durchgeführten Hypothesentest flossen auch bei der letzten zu untersuchenden Variable alle 52 erhobenen Probenpunkte in die Auswertung ein. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests weist eine Signifikanz von 0,032 auf. Es besteht somit ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,297$  im mittleren Bereich. Bei Vergleich der mittleren Ränge der beiden Gruppen zeigt sich, dass die Verjüngung auf schneebeeinflussten Beständen signifikant höher ist, als auf Flächen ohne Einfluss von Schnee.

Dieses Ergebnis steht in direktem Widerspruch zu bisherigen Erfahrungswerten. Ein möglicher Grund für dieses widersprüchlich wirkende Ergebnis ist, dass flächige Verjüngung, wie bereits in den Ergebnissen der Korrelationsanalyse erwähnt, während der Feldaufnahmen meist auf Freiflächen zu finden war, auf denen auch ein vermehrtes Auftreten von Schneebewegungen zu erwarten ist. Innerhalb von Beständen herrschte hingegen meist nur geringe Verjüngungsbereitschaft. Gleichzeitig ist der Schutz vor Schneebewegungen auf Grund verschiedener, bereits beschriebener forstlicher Parameter in Bestandesinneren höher, als im umliegenden Freiland. Daraus folgend ergibt sich schlussendlich, dass ein vermehrtes Auftreten von Verjüngung auf den stärker schneebeeinflussten Freiflächen zu erwarten ist.

## **Prüfung der Hypothesen – Versuchsgruppe 2**

Die zweite Versuchsgruppe in der eine Prüfung der aufgestellten Nullhypothese stattfindet, ist die Gruppe derjenigen Gebiete, auf denen keine potentiellen Anrissflächen ausgewiesen wurden. Die abhängige Variable ist auch für alle in dieser Versuchsgruppe durchgeführten Hypothesentests der Einfluss von Schnee (Vergleich schneebeeinflusster Bestände mit Beständen ohne Einfluss von Schnee).

### ***Bestandesaufbau***

Die erste Variable der zweiten Versuchsgruppe ist der Bestandesaufbau. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf den Bestandesaufbau kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei Betrachtung der Anzahl der ausgewerteten Stichproben wird ersichtlich, dass nur 50 der insgesamt 53 aufgenommenen Probepunkte für den Hypothesentest herangezogen wurden. Wie bereits in der ersten Versuchsgruppe befinden sich auch in der Gruppe, auf denen keine potentiellen Anrissflächen ausgewiesen wurden drei der untersuchten Probepunkte auf Freiflächen. Auf diesen konnte aus naheliegenden Gründen auch keine Erhebung des Bestandesaufbaus erfolgen. Das Ergebnis des durchgeführten Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine statistische Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,742).

Dieses Ergebnis unterscheidet sich sowohl von den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche als auch von dem Ergebnis der ersten Versuchsgruppe, in denen beim Vergleich ein-, zwei und mehrschichtiger Bestände ein signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee besteht. Wie bereits in der ersten Versuchsgruppe erwähnt handelt es sich bei den, während der Feldaufnahmen erhobenen, mehrschichtigen Beständen größtenteils um Altersklassenwälder mit nur einer ausgeprägten Schicht und weiteren untergeordneten Schichten. Der durchgeführte Hypothesentest bezogen auf die Unterschiede im Bestandesaufbau kann daher auch in dieser Versuchsgruppe nur als bedingt repräsentativ angesehen werden.

### ***Bestandeslücken***

Die nächste zu untersuchende Variable ist das Vorkommen von Bestandeslücken. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf das Auftreten von Lücken mit einer Mindestgröße von 20 x 20 Metern kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Für den durchgeführten Hypothesentest wurden alle 53 bei den Feldaufnahmen erhobenen Stichproben miteinbezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz bezüglich des Auftretens von Lücken vor (Signifikanzwert: 0,565).

Genau wie in der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissgebiete widersprechen auch die Ergebnisse der zweiten Versuchsgruppe den Erkenntnissen aus vergangenen Studien, wobei in beiden Versuchsgruppen dieselbe Aufnahmemethodik verwendet wurde. Im Zuge der Feldaufnahmen wurde nur eine örtliche und keineswegs eine vollständige Kartierung aller Lücken vorgenommen. Aus diesem Grund kann das Vorhandensein von Lücken auch in Beständen in denen keine Lücken aufgenommen wurden, nicht ausgeschlossen werden, was wiederum nur zu bedingt repräsentativen

Ergebnissen führt. Zusätzlich ist bei allgemeiner Betrachtung der negative Einfluss von Lücken auf flachen Hängen generell geringer als auf lawinengefährdeten Steilhängen.

### ***Totholz***

Im Anschluss an das Auftreten von Lücken wird die Variable „Totholz“ untersucht. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf das Vorkommen von Totholz kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee besteht.

Alle 53 erhobenen Stichprobenpunkte wurden zur Auswertung des durchgeführten Hypothesentests herangezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,750).

Die Ergebnisse des Tests stimmen mit den Ergebnissen aus der ersten Versuchsgruppe überein und widersprechen somit abermals den Ergebnissen vergangener Studien. Wie jedoch bereits in der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissgebiete erwähnt, sind die Ergebnisse der Hypothesentests für die Variable Totholz auf Grund der gewählten Methodik bei den Feldaufnahmen nur bedingt repräsentativ. Dies liegt wie beschrieben daran, dass im Zuge der durchgeführten Außenaufnahmen nur eine generelle Erhebung des Vorkommens von stehendem und liegendem Totholz ohne zugehörige Stammzahlen durchgeführt wurde. Basierend auf dem generellen Totholzvorkommen kann jedoch kein aussagekräftiger und fundierter Rückschluss über den Einfluss von Totholz in Zusammenhang mit dem Einfluss von Waldlawinen und somit einem effektiven Lawinenschutz im Untersuchungsgebiet getroffen werden.

### ***Verteilung von Nadel- und Laubholz***

Als nächstes wird der Einfluss der Verteilung von Laub- und Nadelholz in den beiden Gruppen verglichen. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf den Anteil an Nadelholz kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei Beobachtung der Anzahl der ausgewerteten Stichproben wird bei der Variable „Anteil Nadelholz“ ersichtlich, dass wie auch beim Bestandaufbau nur 50 der insgesamt 53 aufgenommenen Probepunkte für den Hypothesentest herangezogen wurden. Drei der untersuchten Stichprobenpunkte befinden sich auf Freiflächen, auf welchen keine Erhebung der Baumartenverteilung vorgenommen werden konnte. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests weist weiter eine Signifikanz von 0,020 auf. Es besteht also ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,327$  im mittleren Bereich.

Bei Vergleich der beiden gebildeten Gruppen zeigt sich, wie auch in ersten Versuchsgruppe ein signifikanter Unterschied des Anteils an Nadelholz auf schneebeeinflussten Flächen und Flächen ohne Einfluss von Schnee. Konkret sind beim Vergleich der mittleren Ränge auch hier Bestände mit einem höheren Anteil an Nadelholz vermehrt auf Flächen ohne Schneeeinfluss zu finden. Umgekehrt gilt wiederum, dass Bestände mit einem hohen Laubholzanteil vermehrt in schneebeeinflussten Gebieten vorkommen.

Dieses Ergebnis entspricht, gleich dem Ergebnis der ersten Versuchsgruppe den Erkenntnissen aus früheren Studien und Erfahrungswerten aus vergangenen Beobachtungen, welche ebenfalls zeigen, dass die Lawinendisposition mit steigendem Laubholzanteil zunimmt.

### ***Beschirmung***

Die nächste untersuchte Variable ist die Beschirmung. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf die Beschirmung kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Zur statistischen Berechnung des Hypothesentests wurden alle 53 bei den Feldaufnahmen erhobenen Stichprobenpunkte herangezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,137).

Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Testergebnis der ersten Versuchsgruppe und widerspricht somit ebenfalls den Erkenntnissen der durchgeführten Literaturrecherche. Wie bereits in der ersten Versuchsgruppe beschrieben, wurde bei den Außenaufnahmen im Untersuchungsgebiet die sommergrüne Beschirmung der Bestände erhoben. Da sich diese vor allem in Laubholzbeständen und laubholzreichen Mischbeständen stark von der Beschirmung im Winter unterscheidet, sind die statistischen Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests nur bedingt repräsentativ und es können keine aussagekräftigen Rückschlüsse auf den Einfluss von Schnee in Zusammenhang mit dem Grad der Beschirmung getroffen werden.

### ***Stammzahl je Hektar***

Die Stammzahl je Hektar ist auch in der zweiten Versuchsgruppe die einzige metrische Variable. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf die Stammzahl je Hektar kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Für den durchgeführten Hypothesentest bezogen auf die Stammzahl je Hektar wurden alle 53 erhobenen Stichprobenpunkte ausgewertet. Das Ergebnis des t- Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,771).

Die erhobene Stammzahl je Hektar liegt in der Gruppe, in welcher keine potentiellen Anrissflächen ausgewiesen wurden im Mittel höher, als in der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissgebiete. Die Mittelwerte der aufgenommenen Stammzahlen liegen diesmal bei rund 470 beziehungsweise rund 540 Stämmen pro Hektar. Sie befinden sich damit jedoch ebenfalls weit unter den, wiederholt in der Fachliteratur angegebenen Werten von bis zu 1000 Stämmen/ha. Die Ergebnisse der Hypothesentests, die keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den untersuchten Gruppen zeigen, bestätigen somit die in der Fachliteratur geforderten, hohen Werte für die Stammzahl je Hektar.

### ***Entwicklungsphase***

Im Anschluss an die Stammzahl je Hektar wurde der Einfluss der Entwicklungsphase in den beiden Gruppen verglichen. Die Nullhypothese besagt, dass bezogen auf die Entwicklungsphase kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Bei der Auswertung des Hypothesentests wurden auch diesmal alle 53 aufgenommenen Stichprobenpunkte berücksichtigt. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests weist einen Signifikanzwert von 0,044 auf. Es besteht somit ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen und die Nullhypothese muss zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Der Effekt liegt mit  $r=0,285$  im mittleren Bereich.

Bei Vergleich der mittleren Ränge zeigt das Ergebnis des Hypothesentests wie auch in der ersten Versuchsgruppe, dass der Einfluss von Schnee mit zunehmender Entwicklungsphase abnimmt. In der zweiten Versuchsgruppe liegt dieser Effekt mit  $r=0,285$  jedoch nur im mittleren Bereich.

Das Ergebnis des durchgeführten Hypothesentests deckt sich, wie auch das Ergebnis aus der ersten Versuchsgruppe mit den Erkenntnissen der Literaturrecherche sowie mit bisherigen Erfahrungswerten. Es zeigt, dass Jungwuchs- und Dickungsbestände auf Grund ihrer Bestandeseigenschaften (BHD, Baumhöhe, ...) einen nur bedingten Schutz vor Schneebewegungen aufweisen, während Bestände ab der Stangenholzphase der Lawinendisposition bereits effektiv entgegenwirken können. Bestände im Baumholzalter bieten schließlich den effektivsten Schutz vor dem Anbruch von Waldlawinen.

### ***Verjüngungssituation***

Die letzte untersuchte Variable ist die Verjüngungssituation. Die Nullhypothese lautet, dass bezogen auf die Verjüngungssituation kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht.

Wieder wurden alle 53 bei den Außenaufnahmen erhobenen Stichprobenpunkte zur Berechnung des Hypothesentests herangezogen. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U Tests bestätigt die Nullhypothese, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht. Es liegt keine Signifikanz vor (Signifikanzwert: 0,098).

Bei der Verjüngungssituation zeigt das Ergebnis der zweiten Versuchsgruppe somit einen Unterschied zu dem der ersten Versuchsgruppe, wobei diesmal kein signifikanter Unterschied bezüglich der Verjüngung auf schneebeeinflussten Flächen und auf Flächen ohne Einfluss von Schnee zu erkennen ist. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass in der zweiten Versuchsgruppe das generelle Auftreten von Schneebewegungen auf Freiflächen weniger ausgeprägt ist. Der, in der ersten Versuchsgruppe beschriebene Zusammenhang zwischen vermehrter Verjüngung und erhöhtem Auftreten von Schneebewegungen auf Freiflächen ist in dieser Versuchsgruppe dadurch nicht gegeben. Das vorliegende Ergebnis deckt sich in diesem Kontext auch mit den Annahmen über die Zusammenhänge in der ersten Versuchsgruppe.

In Tabelle 9 ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller durchgeführten Hypothesentests dargestellt. Für die Variablen Anteil Nadelholz und Entwicklungsphase musste die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss besteht, in beiden Versuchsgruppen zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Beim Bestandaufbau und der Verjüngungsbereitschaft musste die Nullhypothese hingegen nur in der ersten Versuchsgruppe, den potentiellen Lawinenanrissgebieten verworfen werden. Bei den verbleibenden vier Variablen Lücken, Totholz, Beschirmung und Stammzahl wurde in keiner der beiden Versuchsgruppen ein signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee gefunden und die Nullhypothese wurde jeweils bestätigt.

Tabelle 9: Zusammenfassung - Prüfung der Hypothesen (0... Nullhypothese bestätigt; A... Nullhypothese verworfen)

Parameter Einfluss von Schnee	Bestandaufbau	Lücken	Totholz	Anteil Nadelholz	Beschirmung	Stammzahl	Entwicklungsphase	Verjüngungssituation
Versuchsgruppe 1	A	0	0	A	0	0	A	A
Versuchsgruppe 2	0	0	0	A	0	0	A	0
Übereinstimmung Literaturstudie	x	x	x	✓	x	✓	✓	-

Werden die Variablen getrennt voneinander betrachtet, so zeigt sich bei der Auswertung der Ergebnisse bezogen auf die Variable „Anteil Nadelholz“, neben dem statistisch signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss in beiden Versuchsgruppen auch eine eindeutige Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Literaturrecherche. Darüber hinaus können die zugrundeliegenden Außenaufnahmen im Untersuchungsgebiet, auf welchen die Ergebnisse der statistischen Hypothesentests basieren, als repräsentativ angesehen werden.

Die Betrachtung der Variable „Entwicklungsphase“ zeigt ebenfalls eindeutige Ergebnisse. Auch hier zeigen die Hypothesentests in beiden Versuchsgruppen statistisch signifikante Unterschiede zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee. Diese decken sich wiederum mit den Auswertungen der durchgeführten Literaturstudie. Für die Variable Entwicklungsphase gibt es somit auch fundamentierte wissenschaftliche Erklärungen, welche die Richtigkeit der ausgewerteten Ergebnisse bestärken. Die Feldaufnahmen, welche den Ergebnissen zugrunde liegen, werden auch diesmal als repräsentativ betrachtet.

Die dritte und letzte statistisch ausgewertete Variable, welche sich mit den Erkenntnissen der Literaturrecherche deckt, ist die Stammzahl je Hektar. Die Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests zeigen in keiner der beiden Versuchsgruppen einen signifikanten Unterschied zwischen Beständen mit Schneeeinfluss und nicht von Schnee beeinflussten Beständen. Die Stammzahlen im Untersuchungsgebiet liegen im Mittel bei 320 bis 540 Stämmen. Im Vergleich dazu wird in der Literatur erst ab Werten von bis zu 1000 Stämmen je Hektar von einem wirksamen

Lawinenschutz ausgegangen. Die innerhalb des Untersuchungsgebietes vorherrschenden Stammzahlen je Hektar sind somit laut Studien generell zu niedrig für einen effektiven Lawinenschutz, wodurch der ausbleibende Einfluss auf stattfindende Schneebewegungen innerhalb des Untersuchungsgebietes erklärt werden kann. Die Aufnahmemethodik für die durchgeführten Feldaufnahmen wird darüber hinaus auch bei dieser Variable als repräsentativ angesehen.

Wird als nächstes das Vorkommen von Lücken betrachtet, so zeigt sich, dass auch bei dieser Variable in keiner der beiden Versuchsgruppen signifikante Unterschiede bezogen auf den Einfluss von Schnee bestehen. Die Ergebnisse der Hypothesentests stehen diesmal jedoch in direktem Widerspruch zu den Erkenntnissen der ausgewerteten Fachliteratur, welche Lücken ab einer bestimmten Größe durchaus einen Einfluss auf Schneebewegungen zuschreibt. Ein Grund für die Abweichung der Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests von jenen der Fachliteratur liegt voraussichtlich in den nur bedingt repräsentativen Aufnahmedaten, welche die Grundlage der statistischen Auswertung zu darstellen. Da die Feldaufnahmen keinem regelmäßigen, systematisch angelegten Raster folgten, kann das Vorhandensein von Lücken auch in Beständen in denen keine Lücken aufgenommen wurden, nicht ausgeschlossen werden. Dadurch bedingt sind auch die statistisch ausgewerteten Ergebnisse nur bedingt repräsentativ.

Ähnlich der Variable Lücken, kann auch das Vorkommen von Totholz betrachtet werden. Beim Vergleich schneebeeinflusster Bestände mit Beständen ohne Einfluss von Schnee ergaben die Hypothesentests auch diesmal in keiner der beiden Versuchsgruppen statistisch signifikante Unterschiede. Diese Ergebnisse stehen wiederum im Widerspruch mit den Ergebnissen der im Zuge der Literaturrecherche aufbereiteten Studien. Die statistische Auswertung des Vorkommens von Totholz ist jedoch auch diesmal auf Grund der gewählten Aufnahmemethodik während der Erhebungen im Untersuchungsgebiet nur bedingt repräsentativ. Während der Feldaufnahmen vor Ort wurde nur das generelle Vorkommen von Totholz ohne die zugehörigen Stammzahlen erhoben. Da ein wirksamer Schutz vor Lawinen laut einschlägiger Fachliteratur erst ab einer Stammzahl von mehr als 100 Bäumen pro Hektar gegeben ist, kann auf Grund der durchgeführten Erhebung des generellen Vorkommens von Totholz nicht auf einen Zusammenhang mit dem effektiven Lawinenschutz geschlossen werden.

Bei Betrachtung der Variable „Beschirmung“ wurde ebenfalls in keiner der beiden Versuchsgruppen ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee gefunden. Wiederum unterscheiden sich die Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests von denen der Fachliteratur. Da die im Zuge der Feldaufnahmen vorgenommene Erhebung der Beschirmung durch okuläre Ansprache der sommergrünen Bäume erfolgte, sind die Aufnahmeergebnisse im Untersuchungsgebiet auch diesmal nur bedingt repräsentativ. Grund dafür sind die, vor allem in laubholzreichen Mischbeständen und Laubholzbeständen teilweise hohen Unterschiede der Beschirmung während der Sommer- und Wintermonate. Die Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests lassen somit abermals nur bedingt repräsentative Rückschlüsse auf den Einfluss von Schnee in Zusammenhang mit dem Grad der Beschirmung zu.

Als nächstes soll die Variable „Bestandesaufbau“ betrachtet werden. Hier zeigten bereits die, in den beiden Versuchsgruppen durchgeführten Hypothesentests unterschiedliche Ergebnisse. Während in der ersten Versuchsgruppe, den potentiellen Anrissgebieten ein statistisch signifikanter Unterschied bezogen auf den Einfluss von Schnee festgestellt werden konnte, welcher aussagt, dass Bestände

ohne Einfluss von Schnee statistisch gesehen weniger geschichtet sind als schneebeeinflusste Bestände, zeigte die Auswertung des Hypothesentests in der zweiten Versuchsgruppe keine signifikanten Unterschiede zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee. Die Ergebnisse der Literaturrecherche stehen darüber hinaus im Widerspruch zu den Ergebnissen beider Hypothesentests. Sie zeigen im Gegensatz zu den statischen Auswertungen der erhobenen Felddaten, dass mehrschichtig aufgebaute Bestände einen wirksameren Schutz vor Schneebewegungen darstellen als einschichtig aufgebaute Wälder. Die unterschiedlichen Ergebnisse der Hypothesentests und der vorgefundenen Fachliteratur lassen sich vor allem durch die verschiedenen Definitionen von mehrschichtigen Beständen erklären. Während in der einschlägigen Fachliteratur im Zusammenhang mit mehrschichtigen Beständen meist von plenterartig aufgebauten Waldstrukturen oder Plenterwäldern ausgegangen wird, stellen sich die mehrschichtig aufgebauten Bestände im Untersuchungsgebiet als Altersklassenwälder mit nur einer ausgeprägten Schicht und weiteren untergeordneten Schichten dar. Für die unterschiedlichen Ergebnisse der Hypothesentests der beiden Versuchsgruppen innerhalb des Untersuchungsgebiets und vor allem für die Ergebnisse der ersten Versuchsgruppe konnte hingegen keine kausale Erklärung gefunden werden. Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei den Ergebnissen der ersten Versuchsgruppe sowie auch bei den Unterschieden in den Ergebnissen der beiden Versuchsgruppen um zufällige Differenzen handelt.

Zuletzt wird die Verjüngungssituation näher betrachtet. Auch hier zeigen die durchgeführten Hypothesentests beim Vergleich beider Versuchsgruppen unterschiedliche Ergebnisse. In der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissflächen wurde ein signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee festgestellt. In der zweiten Versuchsgruppe, den Gebieten ohne potentielle Gefahr vor Lawinenanrissen wurde in Bezug auf den Einfluss von Schnee hingegen kein statistisch signifikanter Unterschied errechnet. Da bei der Studie der einschlägigen Fachliteratur keine geeigneten Artikel zum Thema Verjüngung gefunden werden konnten, ist ein Vergleich mit bereits existierenden Studien nicht möglich. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den beiden Versuchsgruppen können voraussichtlich dadurch begründet werden, dass flächige Verjüngung während der Felddaten meist auf Freiflächen zu finden war, auf denen in der ersten Versuchsgruppe auch ein vermehrtes Auftreten von Schneebewegungen zu erwarten ist. Innerhalb von Beständen herrscht im Bereich der potentiellen Anrissgebiete hingegen nur geringe Verjüngungsbereitschaft, gleichzeitig ist der Schutz vor Schneebewegungen im Bestandesinneren höher. Daraus folgend ergibt sich schlussendlich, dass in der ersten Versuchsgruppe ein vermehrtes Auftreten von Verjüngung auf den stärker schneebeeinflussten Flächen zu erwarten ist. In der zweiten Versuchsgruppe ist die Verjüngungsbereitschaft auf Freiflächen zwar ebenfalls höher, es ist jedoch das Auftreten von Schneebewegungen auf Freiflächen weniger ausgeprägt. Der Zusammenhang zwischen vermehrter Verjüngung und erhöhtem Auftreten von Schneebewegungen auf Freiflächen ist somit in der zweiten Versuchsgruppe nicht gegeben.

## Diskussion

### Literaturrecherche

Die Prozessdefinition von Waldlawinen ist in der Literatur eindeutig festgelegt. Allgemein können die verschiedenen Formulierungen in der Definition: „*Waldlawinen sind Lawinen, die ihre Anrisszone direkt innerhalb eines bewaldeten Gebietes haben.*“ zusammengefasst werden. Diese, vorerst banal klingende Einigkeit beschreibt die Ausgangslage der Untersuchungen und stellt somit eine grundlegende Voraussetzung für die Erhebung, Auswertung und die Vergleichbarkeit aller erhobenen Parameter dar.

Unabhängig von den forstlichen Parametern wurden jedoch zuerst die wichtigsten geomorphologischen und topographischen Bedingungen im Zusammenhang mit dem Anbruch von Lawinen recherchiert, auf denen auch die für den Feldversuch erstellten Lawinendispositionskarten basieren. Für die Erstellung der Dispositionskarten wurden die drei in vergangenen Studien am häufigsten untersuchten Parameter Hangneigung, Krümmung und Rauigkeitsfaktor herangezogen, welche laut Fachliteratur im Hinblick auf die Geländeeigenschaften auch den größten Einfluss auf die Lawindynamik haben. In Bezug auf die Hangneigung weisen die verschiedenen Untersuchungen sehr einheitliche Ergebnisse auf, in denen Hänge mit einer Hangneigung von 30° bis 50° (60°) als potentielle Lawinanrissgebiete gelten. Die in den Untersuchungen ausgewiesenen, vorliegenden Abgrenzungen können über die vorhandene Scherspannung im unteren Neigungsbereich sowie die stetige Abtragung der Schneedecke im oberen Neigungsbereich fundiert erklärt werden. Eine weitere Prüfung der vorliegenden Werte schien nicht notwendig und wurde auch nicht vorgenommen. Die für die Erstellung der Dispositionskarten verwendete Studie von Bühler, et al. (2013) setzt dennoch eine Hangneigung von 28° bis 50° für die Abgrenzung lawinengefährdeter Hänge voraus. Die Herabsetzung des unteren Schwellenwinkels wird in der Studie durch das Miteinbeziehen verschiedener Schneeeigenschaften begründet. Auch bei der Recherche über die planare Krümmung zeigen vergangene Studien ein größtenteils einheitliches Ergebnis. Grundsätzlich werden konvexe Hänge (Grate, Bergspitzen, ...), teilweise unter Berücksichtigung einer Krümmungsschwelle, als lawinengefährdet eingestuft. Auf diese Krümmungsschwelle wird jedoch nur selten eingegangen, meist bleibt sie gänzlich unerwähnt und kann über die Definition „konvex“ mit Werten größer 0 angenommen werden. Für die Erstellung der Lawinendispositionskarten wurde ebenfalls eine planare Krümmung von größer Null festgelegt, also alle konvexen Hänge herangezogen. Auch dieser Parameter wird, nicht zuletzt aus Erkenntnissen vergangener Ereignisse und Betrachtung bekannter Anbruchgebiete ohne weitere Prüfung übernommen. Im Gegensatz zu den beiden relativ eindeutig definierten Parametern Hangneigung und planare Krümmung, ist ein Vergleich verschiedener Forschungsergebnisse im Hinblick auf den Rauigkeitsfaktor nur bedingt beziehungsweise mit verhältnismäßig hohem Aufwand möglich. Das Problem liegt vor allem darin, dass Aussagen über die Rauigkeit oft nur sehr ungenau und in verschiedenen, nicht vergleichbaren Einheiten dargestellt sind. So formuliert beispielsweise McClung D. (2001) die Oberflächenrauigkeit ausschließlich über die Höhe der vorkommenden Elemente (konkret über die vorkommende Vegetation) ohne einen Flächenbezug herzustellen. In weiteren Artikeln wird hingegen sogar nur von einer generellen Abnahme von Lawinenereignissen in Verbindung mit der Zunahme der Geländerauigkeit gesprochen. Bühler, et al. (2013) fanden hingegen eine konkrete Formulierung der Oberflächenrauigkeit, indem sie diese mit 0,05 m/m bei einem 11 x 11 Meter Fenster definierten. Wegen des Mangels an Vergleichsergebnissen aus anderen Studien, wird dieser Wert für die vorliegende Arbeit ungeprüft übernommen. Neben den, für die Erstellung der Lawinendispositionskarten relevanten Parametern

wurden bei der Literaturrecherche weitere Geländeparameter, wie die Hanglänge, die Kammnähe oder die Exposition gefunden, welche jedoch nur auf vereinzelt Studien basieren oder in Form von Sekundärliteratur und Annahmen vorliegen und auf Grund der geringen Relevanz in Verbindung mit der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht weiterverfolgt wurden.

Neben der begleitenden Recherche relevanter geomorphologischer und topographischer Parameter konzentrierte sich der größte Teil der durchgeführten Literaturrecherche auf die Ermittlung relevanter forstlicher Parameter. Die gefundenen Parameter wurden kategorisiert und in 14 Gruppen zusammengefasst. Diese unterteilten sich in direkte und indirekte forstliche Einflussgrößen.

Zuerst wurde der grundlegende Bestandesaufbau bezogen auf die Baumartenzusammensetzung, die Wuchsklassen sowie die horizontalen und die vertikalen Bestandesstruktur anhand der vorhandenen Literatur beschrieben. In der Literatur wird davon ausgegangen, dass Kahlflächen, Jungwuchs- und Strauchflächen genauso wie einschichtig aufgebaute, räumliche Laub- und Laub-Mischbestände, ohne Unterwuchs nur wenig Schutz vor Lawinen bieten. Im Gegensatz dazu schützen mehrstufig aufgebaute und gleichmäßig dichtstehende, immergrüne Nadelwälder ab der Stangenholzphase bevorzugt mit geschlossenem Unterwuchs wirksam und dauerhaft vor Waldlawinen. Zum Schutz vor Lawinen am besten geeignet wären somit standortsangepasste Nadelholzbestände mit plenterartiger Struktur. Was sich in der Theorie einfach beschreiben lässt, kann jedoch in der Praxis oft nur durch hohen Aufwand erreicht werden. Neben dem Wissen über die Dynamik von Lawinen sind bei der Begründung und Bewirtschaftung von Schutzwäldern auch fundierte waldbauliche Kenntnisse unerlässlich. So sind im Zusammenhang mit dem Ziel des langfristigen Erhalts der Schutzfunktion der Bestände bereits bei der Wahl geeigneter Baumarten viele Faktoren zu berücksichtigen. Während aus der Fachliteratur eindeutig hervorgeht, dass immergrüne Nadelholzbestände gegenüber Laub- und Laub-Mischbeständen für den Schutz vor Lawinen zu bevorzugen sind, werden andere Einflussgrößen nahezu gänzlich vernachlässigt. Bei der Baumartenwahl zu berücksichtigen sind beispielsweise auch das Wuchsgebiet mit der zugehörigen Höhenstufe, der vorkommenden Geomorphologie und den dort auftretenden Böden sowie das vorherrschende Klima und die daraus resultierende, natürlich vorkommende Waldgesellschaft. Zusätzlich dürfen auch die Exposition, der Wasser- und Nährstoffhaushalt auf den Standorten, die verschiedenen Verjüngungshemmnisse sowie auch die kleinstandörtlichen Gegebenheiten nicht vernachlässigt werden. Nur unter Berücksichtigung des Gesamtbildes kann eine Entscheidung über die, in Hinblick auf eine langfristige Schutzwirkung vor Lawinen geeigneten Baumarten getroffen werden. Auch bei Betrachtung der Wuchsklasse und des horizontalen und vertikalen Bestandesaufbaus, reicht es nicht, nur die Schutzwirkung gegenüber Waldlawinen im Blick zu behalten. So setzt die Bewirtschaftung gesunder, ungleichaltriger, mehrschichtiger Plenterwälder weitaus bessere waldbauliche Kenntnisse voraus und ist auch mit erheblich höherem Aufwand verbunden als die Aufzucht stabiler und vitaler, ein- bis zweischichtig aufgebauter Altersklassenwälder. Im Zusammenhang mit dem horizontalen Aufbau zu beachten ist, dass ein Gleichgewicht zwischen dichtstehenden Individuen und dem langfristigen Erhalt der Schutzfunktion gefunden werden muss, da sich ein zu hoher und langer Dichtstand der Individuen negativ auf die Stabilität und Vitalität der Bestände sowie auch auf das Aufkommen von Verjüngung auswirkt. Im Gegensatz dazu wird durch eine zu geringe Stammzahl die Schutzwirkung gegenüber Lawinen erheblich herabgesetzt. Die gleichmäßige horizontale und vertikale Verteilung der Bestände kann abhängig von den vorherrschenden Standortbedingungen und den auf diesen Standorten stockenden Beständen durch waldbauliche Eingriffe unterschiedlich gut gesteuert werden. Zusätzlich muss die Bewirtschaftung von Schutzwäldern jedoch auch unter Berücksichtigung der vorhandenen,

finanziellen Mittel erfolgen. Darüber hinaus sind Eingriffe in Lawinenschutzwälder auch auf Grund der damit verbundenen Gefahren in Verbindung mit den notwendigen Forstarbeiten nicht immer möglich. Der tatsächliche Bestandesaufbau wird somit abhängig von den standörtlichen Gegebenheiten, den bereits stockenden Beständen und von anthropogenen Einflüssen unterschiedlich stark von dem, für die Lawinenschutzwirkung „optimalen“ Bestandesaufbau abweichen. Ziel sollte es deshalb immer sein, unter Berücksichtigung möglichst aller Faktoren und mit vertretbarem Aufwand den, für die vorherrschenden standörtlichen Gegebenheiten am besten geeigneten Schutzwald aufzuziehen beziehungsweise zu erhalten.

Im Zusammenhang mit dem Bestandesaufbau wirken sich neben den bereits genannten, noch eine Vielzahl weiterer Parameter auf die Schutzwirkung vor Lawinen aus. Werden beispielsweise die verschiedenen Baumarten im Hinblick auf den Schutz vor Lawinen verglichen, so zeigt sich, dass sich Laubgehölze, welche sich unter der Schneedecke umlegen (beispielsweise Birke, Erle, Ahorn und Weide) auf Grund der entstehenden Gleitschicht einen besonders starken Effekt auf die Lawinendynamik haben. Andere Laubhölzer, wie beispielsweise die Buche fördern den Anbruch von Lawinen durch das von ihnen abgeworfene Laub. Einen Sonderfall stellen die Lärchen dar, welche durch den Verlust ihrer Nadeln im Winter zwar nicht die Ausbildung von Gleitschichten begünstigen, aber durch ihren winterkahlen Zustand auch keinen nennenswerten Einfluss auf die Interzeption und den Strahlungshaushalt haben. Aktiver Schutz vor Waldlawinen ist besonders von immergrünen Nadelgehölzen wie der Fichte und der Tanne zu erwarten. In der Praxis ist es dabei sinnvoll nicht die einzelnen Individuen getrennt voneinander zu betrachten, sondern den Bestand als Gesamtheit aller vorkommenden Bäume zu sehen. So bieten Fichten-Tannenwälder auch dann einen guten Schutz vor Lawinen, wenn in den betrachteten Beständen vereinzelt Laubhölzer vorkommen. Das Vorkommen einzelner Mischbaumarten bewirkt dabei einen zusätzlichen positiven Effekt, da durch diese der Nährstoffhaushalt aufgebessert und auch eine Übersäuerung der Böden verhindert werden kann. Insbesondere bei Fichten ist auch die Anfälligkeit gegenüber Störungen zu beachten. Auch wenn Fichtenbestände einen wirksamen Schutz gegen Waldlawinen bieten, sind diese besonders anfällig gegenüber Störungen wie Wind, Borkenkäfer oder Schneebruch. Eine Alternative bietet das Einbringen von Tannen, da diese unter anderem auf Grund ihrer tiefreichenden Wurzeln und ihrer Resistenz gegenüber Verletzungen besonders gut für den Schutzwald geeignet sind. Auch bei Betrachtung des immer mehr an Bedeutung gewinnenden Klimawandels und nicht zuletzt der damit verbundenen Borkenkäferproblematik sind die Schäden in Fichten-Tannenwäldern weitaus geringer, als in Fichtenmonokulturen. In Hinblick auf die Aufzucht und den Erhalt von Gebirgsplenterwäldern bis hin zur subalpinen Stufe scheinen in Bezug auf die verschiedenen Anforderungen der einzelnen Baumarten besonders Fichten-Tannen-Mischwälder mit vereinzelter Beimischung von Laubholz in der Praxis besonders gut geeignet. In höheren Lagen sind auf Grund sich verändernder Standortsansprüche und abhängig von den vorherrschenden Standortsgegebenheiten hingegen vorrangig Lärchen-Zirben-Wälder zu bevorzugen.

Untersuchungen über den Brusthöhendurchmesser (BHD) zeigen, dass abhängig von der Baumart, ab einem Brusthöhendurchmesser von 6 bis 20 Zentimetern ein wirksamer Schutz gegenüber Lawinen gegeben ist. Dieser wird am Ende der Dickungs- beziehungsweise im Verlauf der Stangenholzphase erreicht. In diesen Entwicklungsstadien sind in Altersklassenwäldern im Vergleich zu den darauffolgenden Entwicklungsphasen auch die höchsten Stammzahlen je Hektar zu erwarten, was einen zusätzlichen Schutz vor dem Anbrechen von Waldlawinen mit sich bringt. Mit zunehmendem Alter findet eine Zunahme des Brusthöhendurchmessers bei gleichzeitiger Abnahme der Stammzahl

je Hektar statt, wodurch die Schutzwirkung des Waldes weiterhin erhalten bleibt. Auch hier werden die Vorteile von Plenterwäldern deutlich, in denen alle Entwicklungsphasen und somit auch eine Streuung der Brusthöhendurchmesser bei gleichzeitig konstant hoher Stammzahl gegeben ist.

In enger Verbindung mit dem Brusthöhendurchmesser spielt auch die Baumhöhe eine Rolle in Verbindung mit dem Schutz vor Lawinen. Die Angabe der Baumhöhe über das Verhältnis zur Schneedeckenhöhe wird dabei als sinnvoll erachtet, da die Schutzwirkung über die Baumhöhe auf Grund der erhöhten Geländerauigkeit erfolgt. Für einen wirksamen Lawinenschutz muss zusätzlich auch das Verhältnis von BHD zu Baumhöhe betrachtet werden, da bei Betrachtung früher Entwicklungsphasen besonders biegsame Laubhölzer erst ab einem gewissen Durchmesser bei Schneedruck aufrecht stehen bleiben und so stabilisierend auf die Schneedecke wirken. Auch in älteren Beständen ist der h/d-Wert<sup>4</sup> von großer Bedeutung, da Bestände mit einem Höhe/Durchmesser-Verhältnis von größer 70 als instabil gelten und somit auch keinen ausreichenden Schutz vor Waldlawinen darstellen.

Das in Zusammenhang mit dem Brusthöhendurchmesser und der Baumhöhe notwendige Baumalter ergibt sich mit 20 bis 40 Jahren, da jüngere Gebirgswälder die notwendigen Dimensionen meist noch nicht erreichen. Die Obergrenze von 270 Jahren resultiert aus der natürlichen Sukzession und dem damit verbundenen Bestandeszerfall. Die in der Fachliteratur vorgefundene Angabe der oberen Altersgrenze von 270 Jahren ist dabei sehr kritisch zu betrachten. Bestände mit einem Alter von 270 Jahren sind größtenteils instabil, da die Zerfallsphase bereits in wesentlich jüngeren Beständen einsetzt. In den Auswertungen der Österreichischen Waldinventur, herausgegeben vom Bundesforschungszentrum für Wald (2011), wird das Ausbleiben von Verjüngung bereits bei Beständen im Alter von 140 Jahren als kritisch angesehen, da bereits in diesem Zeitraum die Zerfallsphase eingesetzt hat. Auch praktische Erfahrungen zeigen, dass sich Bestände, abhängig von der Baumartenzusammensetzung, ab einem Alter von 120 bis 140 Jahren auf Grund natürlicher Einflüsse aufzulösen beginnen und die Schutzfunktion vermehrt abnimmt.

Bei Betrachtung des Deckungsgrades ist der im Schutzwald gewünschte Kronendeckungsgrad von über 50 Prozent in der Praxis in Gebirgswäldern durchaus realistisch. Zu beachten ist jedoch, dass der Deckungsgrad keinerlei Auskunft über die horizontale Verteilung der einzelnen Individuen gibt und deshalb nur bedingt zur Bewertung des Lawinenschutzes herangezogen werden kann. Gerade in Gebirgswäldern sind häufig rottenartige Strukturen vorzufinden, was eine ungleichmäßige Verteilung der Bäume und damit verbunden auch eine Änderung der Lawinenschutzwirkung bedeutet.

Die bestimmt am kritischsten zu betrachtende Kennzahl in Bezug auf den Schutz vor Waldlawinen ist die Stammzahl je Hektar. Grundlegend wird davon ausgegangen, dass die Schutzwirkung vor Lawinen mit steigender Stammzahl zunimmt. Die in der Fachliteratur genannten Stammzahlen sind jedoch allesamt überdurchschnittlich bis unrealistisch hoch, sodass diese in der Praxis kaum berücksichtigt werden können. Aus waldbaulicher Sicht würden Stammzahlen von rund 1000 Bäumen/ha zu überbestockten, instabilen Beständen führen, welche auf Grund mangelnder Vitalität keinen ausreichenden Schutz vor Lawinen bieten. Auch im Hinblick auf die weitere Bestandesentwicklung und das Aufkommen von Naturverjüngung würden sich derart hohe Stammzahlen negativ auswirken, was ebenfalls im Widerspruch zum langfristigen Erhalt der Schutzwirkung steht. Bei Betrachtung von Plenterwäldern gilt darüber hinaus allgemein eine konstante Stammzahl von etwa 450 bis 500

---

<sup>4</sup> Der h/d-Wert ist eine Kennzahl, welche das Verhältnis der Baumhöhe zum Baumdurchmesser beschreibt.

Stämmen pro Hektar, beginnend ab einem BHD von 8 cm und verteilt auf die verschiedenen Durchmesserklassen als zielführend (Hochbichler, 2016). Deshalb ist es empfehlenswert, die Stammzahl je Hektar zugunsten vitaler und stabiler Bestände mit genügend Entwicklungspotential zu hinten zu stellen.

Auch Bestandeslücken haben ab einer gewissen Größe Einfluss auf die Lawindynamik, wobei die Schutzwirkung des Waldes mit zunehmender Lückengröße abnimmt, bis schließlich die Gesetzmäßigkeiten von Freilandlawinen gelten. Die kritischen Ausmaße von Lücken hängen dabei von der Baumart, dem Deckungsgrad, der Baumartenzusammensetzung sowie dem Vorkommen von Totholz ab. Neben diesen, bereits bekannten Beziehungen gilt es auch weitere Zusammenhänge zu beachten. So wird in bekannten Studien beispielsweise nicht auf die Beschaffenheit des Bodens (Rauigkeit, Vegetation, ...) in Verbindung mit Lücken eingegangen, welche jedoch ebenfalls großen Einfluss auf die Lawindynamik hat. Lawinen werden etwa an laubbedeckten, glatten Hängen bereits in kleineren Lücken anbrechen, als an rauen Hängen, an denen sich bereits Naturverjüngung eingestellt hat. Da die ermittelte Lückengröße darüber hinaus nur dem Kronendurchmesser von ein bis maximal zwei Bäumen in der Baumholzphase entspricht, ist jeder waldbauliche Eingriff genau zu planen. Wiederholt zeigt sich auch hier der Vorteil von ungleichaltrigen, mehrschichtigen Beständen. Durch den vorhandenen Unterwuchs in Plenterwäldern und die stattfindenden Einzelbaumentnahmen zum langfristigen Erhalt der Struktur, werden nur kleine Lücken geöffnet, in denen durch die vorhandene Verjüngung bereits ein effektiver Schutz gegen Lawinenanbrüche gegeben ist. Im Gegensatz dazu sind in dichtstehenden, einschichtigen Beständen nach waldbaulichen Eingriffen zu Beginn meist größere, schadanfällige Lücken ohne schützenden Unterwuchs vorhanden, bei denen sich erst im Laufe der darauffolgenden Jahre Naturverjüngung einstellt.

Die positiven Eigenschaften von stehendem und liegendem Totholz spielen darüber hinaus besonders auf Freiflächen eine große Rolle. Während Schneedecken im Bestandesinneren auf Grund verschiedener Einflüsse meist auch ohne die Einwirkung von Totholz unregelmäßig aufgebaut sind, bilden sich auf Freiflächen, wie beispielsweise auf Kahlschlägen, auf Blößen und in größeren Lücken meist Schneedecken mit homogen aufgebauten Schichten aus. Totholz kann diesem Problem durch die Erhöhung der Oberflächenrauigkeit effektiv entgegenwirken, solange es nicht von der liegenden Schneedecke überragt wird. Vor allem auf Kalamitätsflächen aber beispielsweise auch entlang bestehender Liftrassen, werden in der forstlichen Praxis oft quergefällte Stämme oder hoch stehen gelassene Baumstümpfe zum Schutz vor Lawinen eingesetzt. Kritisch zu betrachten sind jedoch die negativen Auswirkungen in der Zerfallsphase, da Totholz in diesem Zeitraum seine stabilisierende Wirkung verliert und im Falle eines Lawinenereignisses als zusätzliches Material abgetragen wird.

Die in der Literatur angegebenen positiven und negativen Einflüsse der Vegetation können auch in der Natur beobachtet werden. Während grasbewachsene und laubbedeckte Waldböden Schneebewegungen fördern, kann aufkommende Strauchvegetation diese effektiv verhindern. Zu bedenken ist, dass es in der Forstwirtschaft absolut unüblich und auch nicht zielführend ist, die Vegetation durch waldbauliche Eingriffe zu steuern. Sie ist vielmehr ein Begleiteffekt der Bestandesentwicklung, welcher rasch aufeinander folgenden Änderungen unterworfen ist. Bei der waldbaulichen Planung sollte sie dennoch berücksichtigt werden. So ist es beispielsweise sinnvoll, dem Anbrechen von Waldlawinen auf grasbewachsenen Hängen durch vermehrt auf der Fläche belassenes Totholz oder der Lawinendisposition innerhalb von Beständen durch Belassen des Unterwuchses entgegen zu wirken.

Wie bereits zu Beginn der Arbeit erwähnt ist eines der größten Probleme in den heimischen Schutzwäldern die Überalterung der Bestände auf Grund ausbleibender Verjüngung. Gründe dafür sind unter anderem Trockenheit, Frosttrockniss, Käferbefall, Gleitschnee, Steinschlag und Erosionen. Mitunter ist jedoch auch der Verbiss ein großes Problem. Die hohen Wildbestände in den heimischen Schutzwäldern und der damit verbundene Verbissdruck führen oft zu einem reduzierten und verzögerten Verjüngungsaufkommen sowie zu einer Entmischung der Bestände durch den Ausfall einzelner Baumarten. In Extremfällen kann der Wilddruck auch zu einem gänzlichen Ausfall der Verjüngung führen. Die geeignete Baumartenwahl in Verbindung mit einem gut geplanten und konsequent umgesetzten Konzept begleitender, technischer Verbisschutzmaßnahmen sowie einem gezielten und effektiven Wildmanagement ist daher unumgänglich für das Aufkommen von Verjüngung und damit verbunden für den dauerhaften Erhalt der Lawenschutzfunktion.

Die Interzeption, der Strahlungshaushalt und die Windverhältnisse werden im Gegensatz zu den bisherigen Bestandesparametern von der vorherrschenden Bestandesdynamik beeinflusst. Hier zeigt sich, dass das Klima im Bestandesinneren im Vergleich zu dem im Freiland die Anfälligkeit gegen das Anbrechen von Waldlawinen wirksam verhindern kann. Bei der Anlage und Bewirtschaftung von Schutzwäldern sollten deshalb auch diese Zusammenhänge bekannt sein.

Zum Abschluss gilt es in Zeiten des Klimawandels auch diesen bei der Bewirtschaftung von Schutzwäldern zu berücksichtigen. So sind Nadel-Mischwälder mit einem hohen Anteil an Tannen und beigemischten Laubgehölzen weniger anfällig auf die vermehrt auftretenden Störungen durch Wind, Käfer, Schneedruck oder andere Folgen zunehmender Klimaextreme als beispielsweise Fichtenreinbestände. Mischbestände bilden auf langfristige Sicht einen effektiven und beständigen Schutz vor Lawinen und sind in jedem Fall Monokulturen vorzuziehen.

## **Fallstudie Loser**

Neben der Literaturrecherche beschäftigte sich der zweite große Teil der vorliegenden Arbeit mit der Untersuchung des Einflusses einzelner Bestandesparameter auf das Anbrechen von Waldlawinen anhand eines Fallbeispiels im Untersuchungsgebiet Loser. Vorbereitend wurden hierzu Erhebungsbögen erstellt, wobei darauf geachtet wurde, dass unabhängig von deren potentiellen Einfluss auf die Entstehung von Waldlawinen alle relevanten Bestandesparameter abgedeckt wurden. Das Ergebnis waren zwei Erhebungsformulare, von denen sich das erste in die Aufnahmekategorien Grunddaten, Standortsbeschreibung, Bestandesbeschreibung, Verjüngungssituation, waldbauliche Planung, Dringlichkeitsstufen, technische Planung und Skizze der Aufnahmefläche/ Notizen gliederte und das zweite zur Erhebung von Winkelzählproben und Traktanalysen diente. Im Anschluss daran folgte basierend auf den ausgewiesenen Beständen der Österreichischen Bundesforste AG und anhand von Feldaufnahmen vor Ort die Erhebung von gesamt 105 Stichprobenpunkten. Jeder erhobene Punkt wurde zu Beginn mittels GPS verortet. Die aufgenommenen Stichprobenpunkte wurden jedoch nicht im Gelände vermarktet, sodass sie als Ausgangspunkt für ein aufbauendes, periodisches Monitoring ungeeignet sind. Nach der Verortung des Probepunktes folgte die möglichst genaue Aufnahme aller zu erhebenden Standorts- und Bestandesparameter im Gelände. Durch stichprobenartige Kontrolle der aufgenommenen Bestandesdaten mit den Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG konnte darüber hinaus eine zusätzliche Genauigkeit erreicht werden. Bei der Erhebung der einzelnen Parameter durch okulare Ansprache sowie verschiedene Messungen kam es im Zuge der Außenaufnahmen zu nahezu keinen Problemen. Einzig die Aufnahme der Lücken gestaltete sich im Zuge der Geländebegehungen

als schwierig, da sich Bestandeslücken nur selten im unmittelbaren Bereich eines Probepunktes befanden. Es musste jedoch davon ausgegangen werden, dass an die aufgenommenen Probepunkte angrenzende Lücken in umliegenden Beständen, welche jedoch nicht erhoben werden konnten ebenfalls einen Einfluss auf die Lawindynamik der erhobenen Punkte haben. Bei innerhalb des Probepunktes liegenden Lücken war darüber hinaus auch ein ausreichend genaues Abschätzen der Lückengröße der vorhandenen Bestandeslücken nicht immer möglich. Somit war bereits während der Erhebung des Parameters Lücken davon auszugehen, dass die Auswertung der erhobenen Daten auf Grund einer falschen Aufnahmemethodik zu Ungenauigkeiten und potentiellen Verzerrungen führen würde.

Nach Abschluss der Außenaufnahmen folgte die statistische Auswertung der im Untersuchungsgebiet aufgenommenen Daten. Hierzu wurde die Statistiksoftware SPSS-Statistics verwendet, welche unter der Berücksichtigung intuitiver Bedienbarkeit alle grundlegenden und notwendigen statistischen Auswertungen ermöglichte. Für eine tiefergehende Auswertung der Daten ist jedoch jedenfalls ein komplexeres Statistikprogramm, wie beispielsweise R, empfehlenswert. Da bei der Aufnahme der Stichprobepunkte nicht auf das Skalenniveau der erhobenen Daten geachtet wurde, gestaltete sich die Aufbereitung der Daten für weitere Auswertung zuerst kompliziert. Ein Teil der erhobenen Daten musste verworfen werden, während für die zur Weiterverarbeitung ausgewählten Daten verschiedene Versuchsdesigns zur Auswertung zu finden waren. Gesamt wurden die elf Variablen Bestandesaufbau, Lücken, Totholz, Anteil Nadelholz, Anteil Laubholz, Deckungsgrad, Stammzahl/ha, Entwicklungsphase, Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbiss zur weiteren Bearbeitung aufbereitet. Nach Abschluss der Datenaufbereitung fanden gesamt 55 Korrelationsanalysen über den Spearmansche'n Rangkorrelationskoeffizient statt, um die Stärke und Richtung der linearen Beziehungen zwischen den Variablenpaaren zu ermitteln. Die Ergebnisse zeigten, dass gesamt 28 Variablenpaare miteinander korrelieren. Zehn dieser Korrelationen wurden basierend auf den errechneten Korrelationskoeffizienten als stark angesehen, wobei die Korrelationen von allen zehn Variablenpaaren als hochsignifikant (Signifikanz  $\leq 0,01$ ) eingestuft wurden. Die betroffenen Variablenpaare wurden in weiterer Folge auf mögliche kausale Zusammenhänge untersucht. Das erste stark korrelierende Variablenpaar bestand aus den beiden Variablen „Bestandesaufbau“ und „Verjüngungsbereitschaft“. Es konnte jedoch kein kausaler Zusammenhang zwischen den beiden Parametern gefunden werden. Die beiden Variablen wiesen darüber hinaus differenzierte Eigenschaften zum Schutz vor Lawinen auf, wodurch beide Variablen für die weiterführenden, statistischen Auswertungen beibehalten wurden. Die nächste hochsignifikante, starke Korrelation ergab sich zwischen den beiden Variablen „Totholz“ und „Entwicklungsphase“. Dieser Zusammenhang konnte auch aus waldbaulicher Sicht schlüssig erklärt werden. Da die beiden Variablen jedoch differenzierte Eigenschaften zum Schutz vor Lawinen aufwiesen, wurden dennoch beide Variablen zur weiteren statistische Auswertung beibehalten. Die Variable „Beschirmung“ korrelierte mit den vier Variablen „Stammzahl/ha“, „Verjüngungsbereitschaft“, „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“. Da kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Beschirmung und der Stammzahl je Hektar festgestellt werden konnte und beide Variablen ohnehin differenzierte Einflüsse auf den Schutz vor Lawinen hatten, wurden auch diesmal beide Bestandesparameter für die weiteren Berechnungen übernommen. Beim Zusammenhang zwischen der Variablen „Beschirmung“ und der, aus den drei Variablen „Verjüngungsbereitschaft“, „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“ bestehenden Variablen „Verjüngungssituation“ konnte, basierend auf waldbaulichen Erkenntnissen ebenfalls ein kausaler Zusammenhang festgestellt werden. Da jedoch auch in diesem Fall die Bestandesparameter

unterschiedliche Eigenschaften zur Erfüllung der Schutzfunktion vor Lawinen aufwiesen, wurden wiederum beide Variablen zur weiteren Analyse beibehalten. Als nächstes wurde das Ergebnis der Korrelationsanalyse in Bezug auf die Verteilung von Nadelholz und Laubholz untersucht. Da diese in direktem, entgegengesetztem Zusammenhang zueinanderstehen, wurde die Variable „Anteil Laubholz“ gestrichen und nur die Variable „Anteil Nadelholz“ für weitere Berechnungen beibehalten. Bei der Auswertung der Hypothesentests konnte auf Grund des unmittelbar entgegengesetzten Zusammenhangs der beiden Variablen trotzdem fundierte Aussagen über die Auswirkungen von Laubholz getroffen werden. Die letzten starken Korrelationen bestanden zwischen den drei Variablen „Verjüngungsbereitschaft“, „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“. Da ein direkter Zusammenhang zwischen allen drei Variablen ermittelt wurde und die Variablen darüber hinaus keine differenzierten Eigenschaften im Hinblick auf die Schutzwirkung vor Lawinen aufwiesen, konnten die beiden Variablen Verjüngungsprobleme und Verbiss gestrichen und ausschließlich die Verjüngungsbereitschaft, nun unter dem Begriff „Verjüngungssituation“ für die weiteren Berechnungen beibehalten werden. Nach Streichung der drei Variablen „Anteil Laubholz“, „Verjüngungsprobleme“ und „Verbiss“ verblieben somit acht Variablen zur Hypothesenprüfung. In Zusammenhang mit den durchgeführten Korrelationsanalysen ist zu erwähnen, dass mit den getroffenen Annahmen nur einzelne waldbauliche Zusammenhänge umrissen wurden. Bei Schutzwaldbeständen handelt es sich um komplexe Ökosysteme mit einem vielschichtig zusammenhängenden Gefüge aller Einflussfaktoren, welches sich nur unter erheblichem Aufwand vollständig beschreiben lässt. Da jedoch bei nahezu allen Korrelationspaaren auf Grund der verschiedenen Eigenschaften ohnehin beide Variablen beibehalten wurden, wurde auf die äußerst umfangreiche und genaue Beschreibung all dieser Zusammenhänge verzichtet.

Vor Beginn der Hypothesenprüfung fand basierend auf der räumlichen Analyse der Geländemorphologie eine Unterteilung der erhobenen Stichprobenpunkte in zwei verschiedene Versuchsgruppen statt. Bei der ersten Versuchsgruppe handelte es sich um die potentiellen Anrissflächen von Lawinen (Hangneigung  $\geq 28^\circ$ ; planare Krümmung  $> 0$ , Rauigkeit  $< 0,05$  m/m), die zweite Gruppe umfasste alle Gebiete, welche keine potentiellen Anrissflächen darstellten (Hangneigung  $< 28^\circ$ ; planare Krümmung  $\leq 0$ , Rauigkeit  $\geq 0,05$  m/m). Anschließend fand für die verbliebenen acht Bestandesparameter die Prüfung der Nullhypothese, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss gibt, statt. Die Unterscheidung zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee erfolgte in diesem Zusammenhang basierend auf den Aufnahmen von Schneeschub anhand des vermehrten Auftretens von Säbelwuchs in älteren Beständen und umgedrückter Bäumchen auf Jungwuchs- und angehenden Dickungsflächen sowie von durch Schneebewegungen abgerissenen Bäumen und Ästen als Indikator für den Einfluss von Schnee. Die beiden Variablen „Anteil Nadelholz“ und „Entwicklungsphase“ zeigen in beiden Versuchsgruppen signifikante Unterschiede zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee. Die gleichen Ergebnisse liefern darüber hinaus Ergebnisse verschiedener Fachartikel. Zusätzlich können die gewonnenen Ergebnisse auch durch Erfahrungen aus der Praxis bestätigt werden. Für die Variablen „Anteil Nadelholz“ und „Entwicklungsphase“ gibt es somit fundierte, wissenschaftliche Erklärungen, welche die Richtigkeit der, im Zuge der Fallstudie gewonnenen Ergebnisse bestätigen. Darüber hinaus können auch die zugrundeliegenden Außenaufnahmen im Untersuchungsgebiet, auf welchen die Ergebnisse der statistischen Hypothesentests basieren, als repräsentativ angesehen werden. Bei der Stammzahl je Hektar zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests hingegen keinen signifikanten Unterschied zwischen Beständen mit Schneeeinfluss und nicht von Schnee

beeinflussten Beständen. Diese Ergebnisse decken sich ebenfalls mit den Erkenntnissen bereits veröffentlichter Studien, da die Stammzahlen im Untersuchungsgebiet im Mittel bei 320 bis 540 Stämmen und somit zu niedrig für einen effektiven Lawinenschutz liegen. Wie bereits bei der Interpretation der Literaturstudie beschrieben, sind die in der Fachliteratur angegebenen Stammzahlen aus waldbaulicher Sicht unrealistisch hoch und sollten in der Praxis zugunsten vitaler und stabiler Bestände mit genügend Entwicklungspotential vernachlässigt werden. Die Aufnahmemethodik für die durchgeführten Feldaufnahmen wird darüber hinaus auch bei der Variable Stammzahl/ha als repräsentativ angesehen. Bei Betrachtung des Vorkommens von Lücken zeigt sich, dass keine statistisch signifikanten Unterschiede bezogen auf den Einfluss von Schnee gefunden wurden. Die Ergebnisse der Hypothesentests stehen in Widerspruch zu der ausgewerteten Fachliteratur, welche Lücken durchaus einen Einfluss auf Schneebewegungen zuschreibt. Für den forstlichen Parameter „Lücken“ zeigte sich jedoch bereits während Außenaufnahmen, dass eine repräsentative Erhebung der vorkommenden Lücken nicht möglich war, was in weiterer Folge zu einer Verfälschung der errechneten Ergebnisse führte. Ähnliches gilt für die Auswertung der Variable „Totholz“. Auch hier zeigen die Hypothesentests beim Vergleich schneebeeinflusster Bestände mit Beständen ohne Einfluss von Schnee keine statistisch signifikanten Unterschiede, was wiederum den Ergebnissen der Literaturrecherche widerspricht. Grund ist auch diesmal, die für die Feldaufnahmen gewählte Methodik. Da nur das Vorhandensein, nicht aber die Anzahl der vorkommenden Stämme erhoben wurde und auf Grund des generellen Vorkommens von Totholz nicht auf einen Zusammenhang mit dem effektiven Lawinenschutz geschlossen werden kann, ist eine fundierte und aussagekräftige Interpretation der errechneten Werte nicht möglich. Bei Betrachtung der Variable „Beschirmung“ besteht ebenso kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee. Auch hier stehen die Ergebnisse der durchgeführten Hypothesentests in Widerspruch zu den Erkenntnissen bereits existierender Studien. Auf Grund der Erhebung der Beschirmung der sommergrünen Bäume, welche sich vor allem in laubholzreichen Beständen stark von der Beschirmung während der Wintermonate unterscheidet, sind die Aufnahmeergebnisse im Untersuchungsgebiet auch diesmal nur bedingt repräsentativ. Die Ergebnisse der Hypothesentests lassen somit abermals keine aussagekräftigen Rückschlüsse über den Einfluss von Schnee in Zusammenhang mit dem Grad der Beschirmung zu. Bei Betrachtung der Variable „Bestandesaufbau“ zeigen bereits die, in den beiden Versuchsgruppen durchgeführten Hypothesentests unterschiedliche Ergebnisse. Die Ergebnisse der Literaturrecherche stehen darüber hinaus zusätzlich im Widerspruch zu den Ergebnissen beider Hypothesentests. Sie zeigen im Gegensatz zu den statischen Auswertungen der erhobenen Feldaufnahmen, dass mehrschichtig aufgebaute Bestände einen wirksameren Schutz vor Schneebewegungen darstellen als einschichtig aufgebaute Wälder. Die unterschiedlichen Ergebnisse der Hypothesentests und der vorgefundenen Fachliteratur lassen sich vor allem durch die verschiedenen Auffassungen über mehrschichtige Bestände erklären. Während in der Fachliteratur im Zusammenhang mit mehrschichtigen Beständen in der Regel von plenterartig aufgebauten Wäldern oder ausgeprägten Plenterwäldern ausgegangen wird, stellen sich die mehrschichtig aufgebauten Bestände im Untersuchungsgebiet als Altersklassenwälder mit einer ausgeprägten Schicht und weiteren untergeordneten Schichten dar. Für die widersprüchlichen Ergebnisse der ersten Versuchsgruppe sowie die unterschiedlichen Ergebnisse der Hypothesentests der beiden Versuchsgruppen innerhalb des Untersuchungsgebiets kann hingegen keine Erklärung gefunden werden. Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei den Unterschieden in den Ergebnissen um zufällige Differenzen handelt. Basierend auf Erfahrungswerten kann schlussendlich davon ausgegangen werden, dass mehrschichtige Bestände, unter der Voraussetzung, dass alle Schichten annähernd gleich verteilt

sind, jedenfalls einen besseren Schutz gegenüber Waldlawinen aufweisen als einschichtig aufgebaute, gleichaltrige Bestände. Bei abschließender Betrachtung der Verjüngungssituation zeigen die durchgeführten Hypothesentests beim Vergleich beider Versuchsgruppen ebenfalls differenzierte Ergebnisse. Während in der Versuchsgruppe der potentiellen Anrissflächen ein signifikanter Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee festgestellt wurde, wurde in der zweiten Versuchsgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied errechnet. Der Zusammenhang zwischen der Verjüngungsbereitschaft und dem Einfluss von Schnee kann zwar über den Zusammenhang, dass flächige Verjüngung meist auf Freiflächen zu finden ist, auf denen in der ersten Versuchsgruppe auch ein vermehrtes Auftreten von Schneebewegungen zu erwarten ist, logisch erklärt werden. Das errechnete Ergebnis gibt jedoch keinerlei Rückschluss über die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen den beiden Variablen.

## Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit zur Untersuchung des Einflusses von Wäldern auf die Lawinendisposition war es, folgende vier Fragestellungen zu beantworten: Wie sieht die allgemeine Prozessdefinition von Waldlawinen aus? Welche geomorphologischen, topographischen Bedingungen müssen für die Entstehung der genannten Prozesse gegeben sein? Welchen Einfluss haben einzelne Bestandesparameter auf die Entstehung von Waldlawinen? Wie unterscheiden sich die Strukturen des Waldes in Bereichen, in denen Schneebewegungen stattgefunden haben zu Bereichen, in denen keine Schneebewegungen stattgefunden haben im Untersuchungsgebiet? Die Frage über die Prozessdefinition von Waldlawinen war mit der allgemeinen Formulierung:

*„Waldlawinen sind Lawinen, die ihre Anrisszone direkt innerhalb eines bewaldeten Gebietes haben.“*

relativ einfach zu beantworten. Die Beantwortung dieser Frage stellte die Ausgangslage und damit verbunden auch die grundlegende Voraussetzung für die Erhebung, Auswertung und die Vergleichbarkeit der Daten dar. Die geomorphologischen und topographischen Bedingungen für die Entstehung von Waldlawinen im Untersuchungsgebiet wurden unabhängig von der Bewaldung bereits im Vorfeld der Erhebungen für die Ermittlung der räumlichen Analysen der lokalen Geländemorphologie bestimmt. Konkret wurden die drei geomorphologischen Parameter Hangneigung, Krümmung und Rauigkeitsfaktor zur Ausweisung potentieller Lawinenanrissflächen innerhalb des Projektgebiets herangezogen. Mittels Literaturrecherche wurden anschließend nochmals alle in der Fachliteratur vorkommenden, geomorphologischen und topographischen Parameter erhoben. Als wichtigste Geländeparameter ergaben sich ebenfalls die drei Merkmale Hangneigung, Krümmung und Rauigkeitsfaktor. Die Merkmalsausprägungen stellten sich dabei als durchaus einheitlich heraus. In der Fachliteratur werden Hänge mit einer Neigung von (28°) 30° bis 50° (teilweise bis 60°) als lawinengefährlich eingestuft. In der, für die räumlichen Analysen der lokalen Geländemorphologie verwendeter Studie liegen die Grenzwerte für die Hangneigung bei 28 bis 50 Grad. Die Werte für die Krümmung weisen in der gängigen Fachliteratur sowie auch in der, für die vorliegende Arbeit verwendeten Studie planare Krümmungswerten größer 0 auf. Für den Rauigkeitsfaktor gilt allgemein, dass die Lawinendisposition mit zunehmender Rauigkeit abnimmt, wobei die stabilisierenden Effekte verloren gehen, sobald die Schneedecke tief genug ist, um eine glatte Oberfläche zu bilden. Der für die vorliegende Arbeit verwendete Rauigkeitsfaktor muss bei einem 11 x 11 Meter Fenster bei unter 0,05 m/m liegen, um ein Areal als potentielle Anrisszone auszuweisen. Zusätzlich wurden während der Literaturrecherche noch weitere Geländeparameter, wie beispielsweise die Hanglänge, die Kammnähe oder auch die Exposition gefunden. Zu diesen Einflussgrößen gibt es jedoch nur vereinzelte Angaben, welche auf nahezu keine grundlegenden Studien verweisen und auch keine fundierten Erkenntnisse zeigen.

Den Kern der vorliegenden Arbeit bildet die Erhebung der relevanten forstlichen Parameter im Zusammenhang mit dem Einfluss von Waldlawinen. Diese fand auf zwei Ebenen statt. Zum einen wurde eine umfassende Literaturrecherche zur Ermittlung bekannter, forstlicher Parameter durchgeführt, andererseits wurden anhand eines konkreten Fallbeispiels eigene Daten erhoben und ausgewertet. Die im Zuge der Literaturstudie ermittelten Bestandesparameter wurden kategorisiert und in gesamt 15 verschiedene Gruppen unterteilt. Diese umfassen die zwölf Parameter Bestandesaufbau, Lückenbreite, Lückenlänge, Totholz, Baumarten, Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Deckungsgrad, Stammzahl, Baumalter, Vegetation und Verbiss, welche als direkte Einflussgrößen eingeordnet wurden sowie die drei ergänzende Größen Interzeption, Strahlungshaushalt und Windverhältnisse. Für den Bestandesaufbau gilt allgemein, dass Kahlflächen,

Blößen, Räumden sowie Jungwuchs- und Strauchflächen und einschichtig aufgebaute, gleichaltrige, licht-räumige Laub- und Laub-Mischbestände, ohne Unterwuchs nur wenig Schutz gegenüber Waldlawinen bieten, wohingegen standortsangepasste, mehrstufige, ungleichaltrig aufgebaute und gleichmäßig dichtstehende, immergrüne Nadelwälder ab der Dickungs- bzw. Stangenholzphase, welche nach Möglichkeit bereits einen geschlossenen Unterwuchs aufweisen den besten Schutz vor Waldlawinen bieten. Bei der Betrachtung der Baumarten muss vor allem zwischen Laubholz, sommergrünen Nadelholz und immergrünen Nadelhölzern unterschieden werden, wobei Laubholzbestände den schlechtesten Schutz vor Lawinen bieten, während immergrüne Nadelhölzer am besten zum Schutz vor Waldlawinen geeignet sind. Der Brusthöhendurchmesser und die Baumhöhe haben ebenfalls Auswirkungen auf die Lawinendisposition. Dabei gilt, dass Individuen ab einem Brusthöhendurchmesser von 6 bis 20 Zentimetern und der eineinhalb- bis zweifache Höhe der Schneedecke einen effektiven Lawinenschutz bieten. Aus der Baumhöhe und dem Brusthöhendurchmesser kann darüber hinaus ein bedingter Rückschluss auf das Alter gegeben werden. Hier gilt, dass Bestände im Alter von 40 bis 270 Jahren das Anbrechen von Waldlawinen wirksam verhindern. Für den Deckungsgrad gilt in der Fachliteratur, dass Bestände unter 30 Prozent Deckungsgrad keinen Schutz, Bestände mit einer Kronendeckung von 30 bis 50 Prozent nur eingeschränkten Schutz und Bestände mit über 50% Kronendeckungsgrad einen wirksamen Schutz vor Waldlawinen bieten. Bei der Stammzahl gilt die grundlegende Regel, dass der Schutz vor Waldlawinen mit steigender Stammzahl zunimmt. Die in der Fachliteratur angegebenen, notwendigen Stammzahlen sind jedoch praktisch betrachtet überdurchschnittlich bis unrealistisch hoch und führen aus waldbaulicher Sicht zu wenig vitalen, instabilen Beständen, was in direktem Widerspruch zur gewünschten Schutzfunktion steht. Bei der Untersuchung von Lücken sind vor allem die Ausmaße gemessen an der Lückenbreite sowie der Länge der Lücke in Fallrichtung bedeutend. Allgemein gilt hier, dass mit zunehmender Lückengröße die Schutzwirkung des Wales abnimmt. Relevant sind dabei Lücken mit einer Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand von mehr als 15 bis 20 Metern. Totholz hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Lawinendisposition. Es erhöht die Rauigkeit des Bodens und kann durch seine abstützende Wirkung helfen, die Schneedecke zu stabilisieren. Entscheidend ist dabei die Anzahl der Stämme je Hektar. Zusätzlich zu den erforderlichen Bestandeseigenschaften hat auch die Bodenvegetation Einfluss auf die Lawindynamik. Während grasbewachsene sowie laubbedeckte Waldböden Schneebewegungen fördern, erhöht Strauchvegetation die Oberflächenrauigkeit und kann ein Anbrechen von Lawinen wirksam verhindern. Auch der Wildverbiss wirkt sich direkt auf den Bestandaufbau aus und spielt deshalb besonders in Schutzwäldern eine erhebliche Rolle. Die hohen Wilddichten stellen laut Österreichischer Waldinventur (ÖWI) eines der größten Verjüngungshemmnisse in den heimischen Schutzwäldern dar. Neben den bisher genannten Bestandeseigenschaften haben auch indirekte Parameter einen Einfluss auf die Auslösung von Waldlawinen. Aus diesem Grund müssen auch ergänzende forstliche Parameter, wie beispielsweise der Strahlungshaushalt, die Interzeption und die Windverhältnisse bei der Schutzwaldbewirtschaftung betrachtet werden.

Im Rahmen der Vorstudie für ein flächenwirtschaftliches Projekt unter der Leitung des forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung wurde in einer Fallstudie im Untersuchungsgebiet Loser, Alt Aussee der Einfluss von Wald auf die Entstehung von Waldlawinen und Schneebewegungen untersucht. Zu diesem Zweck wurden vorbereitend Erhebungsbögen ausgearbeitet, in welchen alle relevanten forstlichen Parameter erfasst wurden. Die Auswahl der Stichprobenpunkte für die Feldaufnahmen orientierte sich an der Verteilung der insgesamt 95 ausgewiesenen Bestände der Österreichischen Bundesforste AG. Gesamt wurden 105 Probepunkte

erhoben, wobei in jedem innerhalb der Untersuchungsfläche liegenden Bestand zumindest ein zufällig gewählter Stichprobenpunkt aufgesucht und aufgenommen wurde. Im Anschluss daran folgte die statistische Auswertung der erhobenen Bestandesparameter mittels SPSS-Statistics. Zu diesem Zweck mussten in einem ersten Schritt die erhobenen Parameter für die weitere Verarbeitung aufbereitet werden. Gesamt wurden die elf Variablen Bestandaufbau, Lücken, Totholz, Anteil Nadelholz, Anteil Laubholz, Deckungsgrad, Stammzahl/ha, Entwicklungsphase, Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbiss für die weitere Bearbeitung ausgewählt. Im Anschluss daran fand die Berechnung von gesamt 55 Korrelationsanalysen statt, wobei gesamt 10 Variablenpaare stark korrelierten. Der Vergleich dieser Variablenpaare zeigte, dass drei Variablen (Anteil Laubholz, Verjüngungsprobleme und Verbiss) gestrichen werden konnten. Anschließend an die Korrelationsanalysen wurden die erhobenen Probepunkte in die beiden Gruppen Versuchsgruppe 1 (potentielle Anrissgebiete) und Versuchsgruppe 2 (Gebiete, die keine potentiellen Anrissflächen darstellen) unterteilt. Die verbleibenden acht Variablen wurden darauffolgend zur Prüfung der Nullhypothese:

*Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Schneeeinfluss.*

herangezogen. Die aufgestellte Nullhypothese wurde für die Variablen „Anteil Nadelholz“ und „Entwicklungsphase“, in beiden Versuchsgruppen zugunsten der Alternativhypothese verworfen. Beim Bestandaufbau und der Verjüngungsbereitschaft wurde die Nullhypothese hingegen nur in der Versuchsgruppe der potentiellen Lawinenanrissgebiete verworfen. Für die verbleibenden vier Variablen Lücken, Totholz, Beschirmung und Stammzahl wurde die Nullhypothese bestätigt. Sie wiesen in keiner der beiden Versuchsgruppen einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen schneebeeinflussten Beständen und Beständen ohne Einfluss von Schnee auf. Im Vergleich mit der Literaturrecherche ergab sich, dass die drei Variablen „Anteil Nadelholz“, „Entwicklungsphase“ und „Stammzahl“ mit einschlägigen Studien übereinstimmen. Die vier Variablen Bestandaufbau, Lücken, Totholz und Beschirmung zeigten hingegen keine Übereinstimmung mit der Fachliteratur, was vor allem an der, im Zuge der Fallstudie angewandten Erhebungsmethodik lag. Die Verjüngungssituation als letzte Variable konnte auf Grund fehlender Quellen nicht mit der Fachliteratur verglichen werden.

Den Abschluss bildet die Ausarbeitung eines Stichprobendesigns für periodische Erhebungen, welches mittels Monitoringkonzept für künftige, periodische Erhebungen im Untersuchungsgebiet Loser dargestellt wird und zukünftig eine aussagekräftige Einschätzung über die Schutzwirkung der vorherrschenden Wälder geben soll.

Bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit wurde sowohl während der Literaturrecherche, als auch bei der Arbeit an der Fallstudie immer klarer, dass eine getrennte Betrachtung der einzelnen Bestandesparameter nicht ausreichend ist, um den langfristigen Erhalt der Schutzfunktion von Wäldern zu sichern. Vielmehr ist es von großer Bedeutung die komplexen Zusammenhänge innerhalb von Schutzwäldern zu verstehen und die Bestände als vielschichtige Ökosysteme zu betrachten. Die Bewirtschaftung solcher Wälder setzt nicht nur umfassende Kenntnisse der Lawindynamik, sondern auch ein weitreichendes waldbauliches Wissen voraus. Dennoch gibt es aktuell noch immer viele Fragen in Zusammenhang mit der Wirkung von Wäldern auf die Lawinendisposition, welche noch nicht geklärt sind. In Zeiten, in den die Bedeutung der Schutzfunktion unserer Wälder immer weiter zunimmt, gilt es diese Fragen zukünftig verstärkt zu beantworten.

## **Ausblick - Erstellung eines Monitoringkonzeptes**

### **Ausarbeitung des Stichprobendesigns**

Bei der Erstellung des Monitoringkonzeptes wurde versucht, ein möglichst aussagekräftiges und effizientes Stichprobendesign zu entwickeln. Für die Entwicklung des Stichprobendesigns wurden die Ergebnisse hinsichtlich der relevanten Parameter aus der Literaturrecherche und der Fallstudie zusammengefasst, um daraus einen Aufnahmebogen für künftige Erhebungen zu erstellen. Dazu wurden die Aufnahmebögen, welche bei der Erhebung der Feldaufnahmen verwendet wurden, möglichst optimiert. Fehler in der Erhebungsmethodik wurden behoben und überflüssige Erhebungsparameter gestrichen. Insgesamt wurden zehn Bestandesparameter ausgewählt, welche durch periodische Erhebungen zukünftig eine Auskunft über den Zustand der Wälder und deren Lawinenschutzwirkung geben sollen. Dies sind der Bestandesaufbau, die Entwicklungsphase, die Verteilung von Nadelholz und Laubholz, der Brusthöhendurchmesser, die Baumhöhe, die Beschirmung, die Stammzahl, das Vorkommen von Totholz, das Vorkommen von Lücken und die Verjüngungsbereitschaft. Darüber hinaus wurden die Aufnahmeformulare um verschiedene, weitere Parameter ergänzt, welche einer zusätzlichen Beschreibung der Bestände dienen und das Gesamtbild der vorherrschenden Schutzwälder vervollständigen sollen.

Beim Bestandesaufbau können die drei Merkmalsausprägungen einschichtig, zweischichtig und mehrschichtig gewählt werden. Die Entwicklungsphase ist in die sechs Kategorien Blöße, Jungwuchs, Dichtung, Stangenholz, Baumholz und Altholz unterteilt. Die Verteilung von Laubholz und Nadelholz erfolgt durch Angabe von 1/10-Anteilen. Es werden dabei immer 10 Anteile verteilt auf Nadelholz (0-10) und Laubholz (10-0) vergeben. Die Ansprache des Bestandesaufbaus, der Entwicklungsphase und der Verteilung von Nadelholz und Laubholz erfolgt im Zuge der Außenaufnahmen für jeden Stichprobenpunkt durch okulare Ansprache. Der Brusthöhendurchmesser und die Baumhöhe werden durch Winkelzählproben erhoben, wobei auf der Untersuchungsfläche am Loser eine stichprobenartige Kontrolle der Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG mittels Winkelzählproben ausreichend ist. Die Beschirmung wird in den Kategorien Blöße, licht-räumdig, locker, geschlossen und gedrängt aufgenommen. Die Ansprache der Beschirmung erfolgt ebenfalls über okulare Ansprache. Eine stichprobenartige Kontrolle der Ergebnisse für die Beschirmung mittels Orthofoto ist dabei empfehlenswert. Bei der Stammzahl wird die Anzahl der vorhandenen Stämme auf einer Fläche von 100m<sup>2</sup> (Radius: 5,64m) getrennt nach den einzelnen Entwicklungsphasen ausgezählt und anschließend auf 1 Hektar hochgerechnet. Wichtig dabei ist, dass nur lebende Bäume aufgenommen werden. Abgestorbene Stämme werden in der Kategorie Totholz mitaufgenommen und dürfen deshalb bei der Stammzahl kein zweites Mal erhoben werden. Die Aufnahme von Totholz erfolgt in den drei Kategorien kein Totholz vorhanden, weniger als 100 Stämme/ha vorhanden und mehr als 100 Stämme/ha vorhanden. Die Aufnahme des Totholzes erfolgt ebenfalls durch die Aufnahme von Probekreisen mit jeweils 100m<sup>2</sup>. Die Aufnahme von Lücken erfolgt über die Auswertung aktueller Orthofotos, da Lücken während der Außenaufnahmen nur mit großem Aufwand und meist auch nur unvollständig erhoben werden können. Bei der Aufnahme der Lücken ist auf die relevante Mindestgröße der Bestandeslücken (Abstand von Kronenrand zu Kronenrand von mindestens 20 Meter) zu achten und es ist eine Grundrisskizze der Lücken im Bereich von Stichprobenpunkten anzufertigen. Zuletzt wird auch die Verjüngungsbereitschaft, unterteilt in die Kategorien keine Verjüngungsbereitschaft, vereinzelte Verjüngung, mäßige Verjüngung und starke Verjüngungsbereitschaft durch okulare Ansprache aufgenommen.

Das Ergebnis ist ein bereinigter Aufnahmebogen für eine möglichst genaue und effiziente Erhebung von Wiederholungsaufnahmen. Die zum Zweck der Erhebung erstellten Aufnahmeformulare sowie die zugehörige Anleitung finden sich in Abbildung 16 und Abbildung 17.

### **Anlage des Stichprobenrasters**

Im Anschluss an die Erstellung der Aufnahmebögen wurde ein gleichmäßig verteiltes Stichprobenraster über das Untersuchungsgebiet gelegt, welches eine Maschenweite von 150m x 150m (2,25ha pro Stichprobenpunkt) aufweist. Für das Untersuchungsgebiet Loser ergeben sich dadurch gesamt 160 Probepunkte. Außerhalb der bewaldeten Gebiete befindliche Stichprobepunkte, wie jene im nordwestlichen Teil der Untersuchungsfläche sind vor Beginn der Aufnahmen zu verwerfen. Die zu erhebenden Probepunkte sind bei der Erstaufnahme mittels rot eingefärbtem und mit der Punktnummer des Stichprobenpunktes versehenem Holzpflock zu vermarken, sodass diese bei Wiederholungsaufnahmen wiederaufgefunden werden können. Das regelmäßige Raster bietet den Vorteil, dass die Stichprobenpunkte unabhängig von zufälligen Einflüssen und Fehlern erhoben werden können. Auch die geplanten Wiederholungsaufnahmen werden durch die Verwendung eines regelmäßigen Stichprobenrasters vereinfacht. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass nicht alle Probepunkte des Rasters aufgesucht werden können, da sich manche dieser Punkte in unzugänglichem Gelände wie beispielsweise Felswänden befinden. Diese Punkte können nur über Fernaufnahmen und das Studium von Orthofotos erhoben werden. Eine gleichmäßige Verteilung zwischen den Probepunkten beider Versuchsgruppen ist bei Verwendung eines regelmäßigen Rasters ebenfalls nicht gegeben.

Zur besseren Orientierung wurden die in Abbildung 13 bis Abbildung 15 dargestellten Arbeitskarten, in denen die einzelnen Probepunkte verschnitten mit dem Orthofoto, der Lawinendisposition und den Bestandesdaten der Österreichischen Bundesforste AG dargestellt sind, sowie eine, in Tabelle 10 ersichtliche Auflistung aller Stichprobepunkte mit zugehörigen Koordinaten erstellt.

Zusammengefasst handelt es sich bei der Erstellung des vorliegenden Konzeptes um eine grundlegende Handlungsempfehlung, welche bei geplanter Umsetzung jedenfalls noch einer detaillierten Ausarbeitung bedarf.

<b>Punktnummer</b>	<b>Rechtswert</b>	<b>Hochwert</b>	<b>Punktnummer</b>	<b>Rechtswert</b>	<b>Hochwert</b>
001	13.744.728	47.655.759	081	13.760.685	47.653.002
002	13.744.738	47.657.108	082	13.760.696	47.654.351
003	13.744.749	47.658.458	083	13.760.707	47.655.701
004	13.744.759	47.659.808	084	13.760.718	47.657.051
005	1.374.477	47.661.157	085	13.760.729	476.584
006	13.746.725	47.655.752	086	1.376.074	4.765.975
007	13.746.736	47.657.101	087	13.760.751	47.661.099
008	13.746.746	47.658.451	088	13.760.762	47.662.449
009	13.746.757	476.598	089	13.760.773	47.663.798
010	13.746.767	4.766.115	090	13.760.784	47.665.148
011	13.746.778	476.625	091	13.762.628	47.646.247
012	13.746.789	47.663.849	092	13.762.639	47.647.596
013	13.748.712	47.654.395	093	1.376.265	47.648.946
014	13.748.723	47.655.745	094	13.762.661	47.650.295
015	13.748.733	47.657.094	095	13.762.672	47.651.645
016	13.748.744	47.658.444	096	13.762.683	47.652.995
017	13.748.754	47.659.793	097	13.762.694	47.654.344
018	13.748.765	47.661.143	098	13.762.705	47.655.694
019	13.748.776	47.662.492	099	13.762.716	47.657.043
020	13.748.786	47.663.842	100	13.762.727	47.658.393
021	13.748.797	47.665.191	101	13.762.738	47.659.742
022	13.750.699	47.653.038	102	13.762.748	47.661.092
023	13.750.709	47.654.388	103	13.762.759	47.662.441
024	1.375.072	47.655.737	104	1.376.277	47.663.791
025	13.750.731	47.657.087	105	13.762.781	4.766.514
026	13.750.741	47.658.437	106	13.764.625	47.646.239
027	13.750.752	47.659.786	107	13.764.636	47.647.589
028	13.750.763	47.661.136	108	13.764.647	47.648.938
029	13.750.773	47.662.485	109	13.764.658	47.650.288
030	13.750.784	47.663.835	110	13.764.669	47.651.638
031	13.750.795	47.665.184	111	1.376.468	47.652.987
032	13.752.696	47.653.031	112	13.764.691	47.654.337
033	13.752.707	47.654.381	113	13.764.702	47.655.686
034	13.752.717	4.765.573	114	13.764.713	47.657.036
035	13.752.728	4.765.708	115	13.764.724	47.658.385
036	13.752.739	47.658.429	116	13.764.735	47.659.735
037	1.375.275	47.659.779	117	13.764.746	47.661.084
038	1.375.276	47.661.128	118	13.766.622	47.646.232
039	13.752.771	47.662.478	119	13.766.633	47.647.581
040	13.752.782	47.663.828	120	13.766.644	47.648.931
041	13.752.792	47.665.177	121	13.766.655	47.650.281
042	13.754.683	47.651.674	122	13.766.666	4.765.163
043	13.754.693	47.653.024	123	13.766.677	4.765.298
044	13.754.704	47.654.373	124	13.766.688	47.654.329

045	13.754.715	47.655.723	125	13.766.699	47.655.679
046	13.754.726	47.657.073	126	13.766.711	47.657.028
047	13.754.736	47.658.422	127	13.766.722	47.658.378
048	13.754.747	47.659.772	128	13.766.733	47.659.727
049	13.754.758	47.661.121	129	13.768.608	47.644.875
050	13.754.769	47.662.471	130	13.768.619	47.646.224
051	13.754.779	4.766.382	131	1.376.863	47.647.574
052	1.375.479	4.766.517	132	13.768.641	47.648.923
053	13.756.669	47.650.317	133	13.768.652	47.650.273
054	1.375.668	47.651.667	134	13.768.664	47.651.623
055	13.756.691	47.653.017	135	13.768.675	47.652.972
056	13.756.702	47.654.366	136	13.768.686	47.654.322
057	13.756.712	47.655.716	137	13.768.697	47.655.671
058	13.756.723	47.657.065	138	13.768.708	47.657.021
059	13.756.734	47.658.415	139	13.768.719	4.765.837
060	13.756.745	47.659.764	140	13.770.605	47.644.867
061	13.756.756	47.661.114	141	13.770.616	47.646.217
062	13.756.766	47.662.463	142	13.770.627	47.647.566
063	13.756.777	47.663.813	143	13.770.638	47.648.916
064	13.756.788	47.665.163	144	1.377.065	47.650.266
065	13.758.655	47.648.961	145	13.770.661	47.651.615
066	13.758.666	4.765.031	146	13.770.672	47.652.965
067	13.758.677	4.765.166	147	13.770.683	47.654.314
068	13.758.688	47.653.009	148	13.772.613	47.646.209
069	13.758.699	47.654.359	149	13.772.624	47.647.559
070	1.375.871	47.655.708	150	13.772.636	47.648.908
071	13.758.721	47.657.058	151	13.772.647	47.650.258
072	13.758.732	47.658.407	152	13.772.658	47.651.607
073	13.758.742	47.659.757	153	13.772.669	47.652.957
074	13.758.753	47.661.107	154	13.772.681	47.654.307
075	13.758.764	47.662.456	155	13.774.622	47.647.551
076	13.758.775	47.663.806	156	13.774.633	47.648.901
077	13.758.786	47.665.155	157	13.774.644	4.765.025
078	13.760.653	47.648.953	158	13.774.655	476.516
079	13.760.664	47.650.303	159	13.774.667	47.652.949
080	13.760.674	47.651.652	160	13.774.678	47.654.299

*Tabelle 10: Koordinaten - Stichprobenraster*



Abbildung 13: Arbeitskarte - Orthofoto mit Stichprobenraster



Abbildung 14: Arbeitskarte - Lawinendisposition mit Stichprobenraster

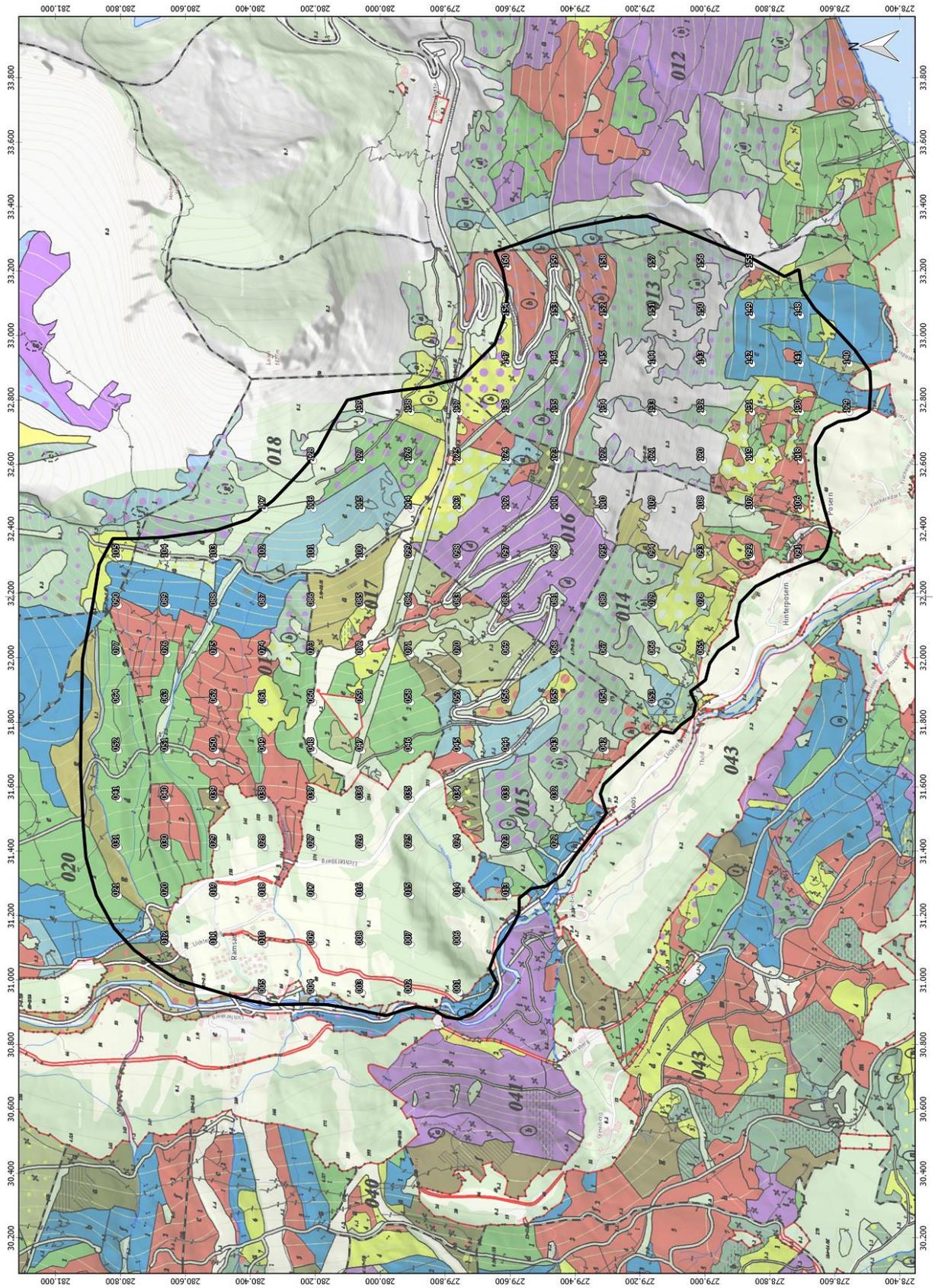


Abbildung 15: Arbeitskarte - Bestandskarte mit Stichprobenraster

**Wiederholungsaufnahmen - Lawenschutzmonitoring Loser**  
Gemeinde Bad Aussee / Bezirk Liezen

Datum: \_\_\_\_\_ Abteilung: \_\_\_\_\_  
 Punktnummer: \_\_\_\_\_ Unterabteilung: \_\_\_\_\_  
 Versuchsgruppe: \_\_\_\_\_ Wetter: \_\_\_\_\_

Fotonr.: \_\_\_\_\_

**STANDORTSBESCHREIBUNG**

Seehöhe: \_\_\_\_\_ m

Koordinaten: x: \_\_\_\_\_ y: \_\_\_\_\_ m Abw.

Exposition:  N  NO  O  SO  
 S  SW  W  NW

Hangneigung: \_\_\_\_\_

Krümmung:  gestreckt  konvex  konkav

Grundgestein: \_\_\_\_\_

Boden: \_\_\_\_\_

Wasserhaushalt:  trocken  mäßig frisch  frisch  sehr frisch  feucht

Vegetationstyp: \_\_\_\_\_

**BESTANDESBESCHREIBUNG**

Waldgesellschaft: \_\_\_\_\_

Baumarten: \_\_\_\_\_  
 Anteil NH: \_\_\_\_\_ Anteil LH: \_\_\_\_\_

Bestandesaufbau:  einschichtig  zweischichtig  mehrschichtig

Beschirmung:  Blöße  licht-räumdig  locker  geschlossen  gedrängt

Entwicklungsphase: \_\_\_\_\_

Jungwuchs vorhanden:  nein  ja Stammzahl: \_\_\_\_\_  
 Dichtung vorhanden:  nein  ja Stammzahl: \_\_\_\_\_  
 Stangenholz vorhanden:  nein  ja Stammzahl: \_\_\_\_\_  
 Baumholz vorhanden:  nein  ja Stammzahl: \_\_\_\_\_  
 Altholz vorhanden:  nein  ja Stammzahl: \_\_\_\_\_  
 Alterssituation (geschätzt): min. Alter: \_\_\_\_\_ max. Alter: \_\_\_\_\_

WUCHS- KLASSEN	BAUMARTEN					
	Fi	Ta	Bu			
JW						
DI1						
DI2						
STH						
BH1						
BH2						
Bst						

**Totholz:**  0 nein  1 <100 Stk./ha  2 >100 Stk./ha Anzahl: \_\_\_\_\_

**Lücken (+ Lückengröße in m²):** \_\_\_\_\_  
in Skizze eintragen  
\_\_\_\_\_

**Einfluss von Schnee:**  0 nein  1 ja

**SCHNEESCHUB (Säbelwuchs):**  0 keiner  1 vereinzelt  2 häufig  3 massiv

**VERJÜNGUNGSSITUATION**

**Verjüngungsbereitschaft:**  0 keine  1 vereinzelt  2 mäßig  3 stark

**Verjüngungsprobleme:**  Trockenheit/Frosttrocknis  Käferbefall  Gleitschnee  Steinschlag  
 Erosion  Sonstiges: \_\_\_\_\_

**Verbissituation:**  0 keiner  1 1-25%  2 26-50%  3 51-75%  4 76-100%

SKIZZE AUFNAHMEFLÄCHE/ NOTIZEN

Notizen: -----  
-----  
-----  
-----

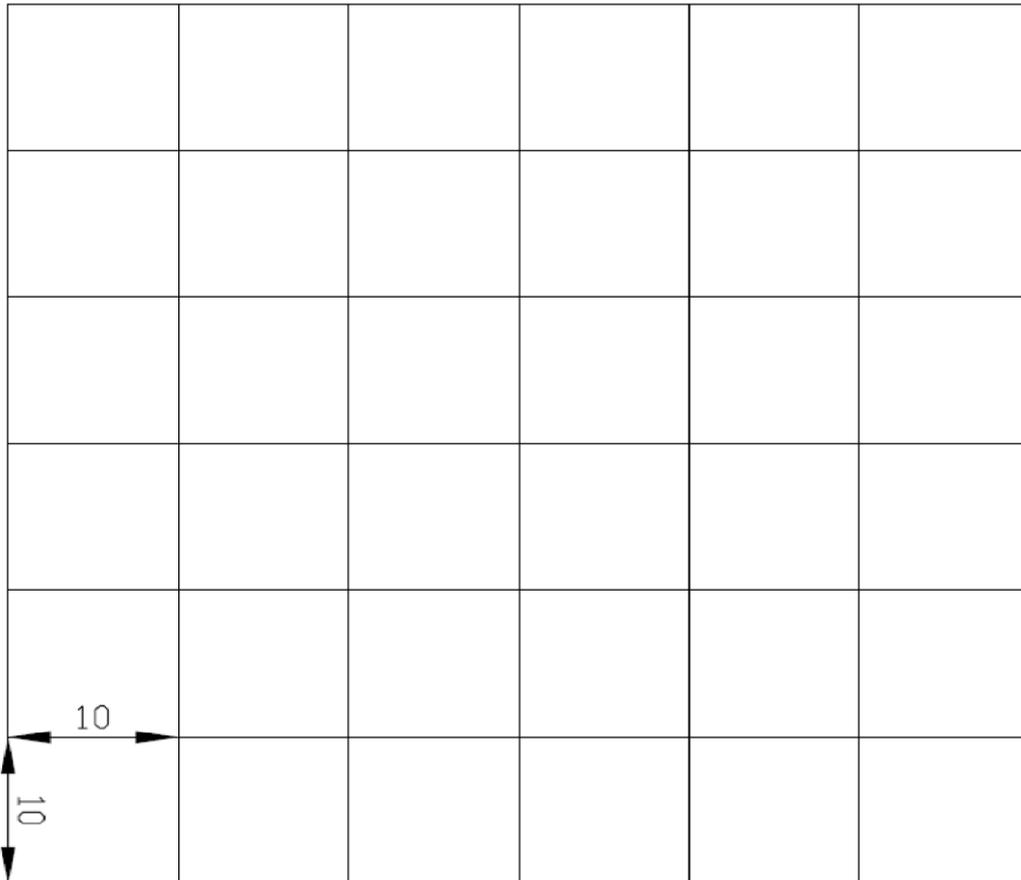


Abbildung 16: Wiederholungsaufnahmen - Lawenschutzmonitoring Loser (Allgemein)

**PUNKTERHEBUNG WINKELZÄHLPROBE**

Datum:                      lfd. Nr.                      Abt:                      Uabt.                      Behandlungse.:

	Baumart	BHD (cm)	Höhe (m)	Schäden <5 Jahre

	Baumart	BHD (cm)	Höhe (m)	Schäden <5 Jahre

**PUNKTERHEBUNG TRAKTANALYSE**

Trakt 1												
	10-30 cm			31-50 cm			51-80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
....												
....												
....												

Trakt 2												
	10-30 cm			31-50 cm			51-80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
....												
....												
....												

Abbildung 17: Wiederholungsaufnahmen - Lawinenschutzmonitoring Loser (Winkelzählprobe & Traktanalyse)

# **Anleitung zur Erhebung der Wiederholungsaufnahmen – Lawinenschutzmonitoring Loser**

## ***Hinweise zu Abschnitt 1: Grunddaten***

- 01: Eintrag Aufnahmedatum
- 02: Eintrag Probepunktnummer aus Arbeitskarte „Orthofoto mit Stichprobenraster“ und beigefügter Liste der Stichprobepunkte
- 03: Eintrag Versuchsgruppe aus Arbeitskarte „Lawinendisposition mit Stichprobenraster“ und beigefügter Liste der Stichprobepunkte
- 04: Eintrag Abteilung aus Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG
- 05: Eintrag Unterabteilung aus Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG
- 06: Eintrag Wetter
- 07: Eintrag der Fotonummern nach vollständiger Erhebung des Probepunktes

## ***Hinweise zu Abschnitt 2: Standortbeschreibung***

- 08: Erfassung Seehöhe mittels GPS (Kontrolle mittels GIS-Daten)
- 09: Erfassung Koordinaten mittel GPS
- 10: Erfassung Exposition mittels GPS
- 11: Messung der Hangneigung mittels Neigungsmesser, Angabe in Grad [°]
- 12: Eintrag der Krümmung
- 13: Eintrag Grundgestein und Boden aus Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG (stichprobenartige Kontrolle)
- 14: Eintrag Wasserhaushalt
- 15: Erhebung der vorkommenden Vegetation und anschließende Zuordnung zu Vegetationstyp nach ÖBf-Vegetationstypen

## ***Hinweise zu Abschnitt 3: Bestandesbeschreibung***

- 16: Erhebung der Waldgesellschaft, der Baumarten sowie der Verteilung von Nadelholz und Laubholz durch okulare Ansprache (stichprobenartige Kontrolle mit Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG)
  - Angabe von Nadelholz und Laubholz in 1/10-Anteilen
- 17: Erhebung des Bestandesaufbaus und der Beschirmung durch okulare Ansprache
  - Definition Blöße:* kein Bewuchs vorhanden
  - Definition licht-räumdig:* große Unterbrechungen des Kronenschlusses
  - Definition locker:* regelmäßige Verteilung der Individuen mit kleinen Unterbrechungen des Kronenschlusses
  - Definition geschlossen:* geschlossenes Kronendach ohne tiefgreifende Berührung der Kronen
  - Definition gedrängt:* geschlossenes Kronendach, starkes Ineinandergreifen der Kronen

- 18: Erhebung der Entwicklungsphase, Auswahl zwischen  
*Blöße*: Waldfläche ohne forstlichen Bewuchs  
*Jungwuchs*: vorhandene Verjüngung bis zum Einsetzen des Bestandesschlusses  
*Dickung*: ab Bestandesschluss bis zu mittleren BHD von 10cm  
*Stangenholz*: mittlerer BHD 10-20cm  
*Baumholz*: mittlerer BHD von 20-50cm  
*Altholz*: verjüngungsreifer Bestand in Baumholzstärke, Einsetzen von Zerfallsphase
- 19: Erhebung der Stammzahl durch Aufnahme aller lebenden Bäume innerhalb eines Probekreises mit der Größe 100m<sup>2</sup> (entspricht einem Probekreisradius von 5,64 Meter) getrennt nach Entwicklungsphasen, Hochrechnung auf 1 Hektar
- 20: Erhebung des Bestandesalters aus Operatsdaten der Österreichischen Bundesforste AG (stichprobenartige Kontrolle mittels frischer Stöcke)
- 21: Schätzung der Anteile der vorkommenden Baumarten, getrennt nach Wuchsklassen (Angabe jeweils in 1/10-Anteilen)
- 22: Erhebung des Vorkommens von Totholz durch Aufnahme aller stehenden und liegenden, abgestorbenen Bäume innerhalb eines Probekreises mit der Größe 100m<sup>2</sup> (entspricht einem Probekreisradius von 5,64 Meter), Hochrechnung auf 1 Hektar
- 23: Erhebung der Lücken mittels aktuellem Orthofoto vor Beginn der Außenaufnahmen, Kontrolle und Anfertigung von Grundrisskizzen im Zuge der Feldaufnahmen  
*Definition Lücke (in Anlehnung an die aktuelle Fachliteratur)*: Öffnung von Kronenrand zu Kronenrand von mehr als 20x20 Meter
- 24: Ankreuzen der zutreffenden Werte für Einfluss von Schnee und Schneeschub

#### ***Hinweise zu Abschnitt 4: Verjüngungssituation***

- 25: Ankreuzen der zutreffenden Werte für Verjüngungsbereitschaft, Verjüngungsprobleme und Verbissituation (wenn notwendig, Aufnahme von Traktanalysen)

#### ***Hinweise zu Abschnitt 5: Skizze Aufnahmefläche/ Notizen***

- 26: Anfertigung von Grundriss- oder Aufrisskizzen bei Besonderheiten des Stichprobenpunktes

#### ***Hinweise zur Erhebung von Winkelzählproben und Traktanalysen***

Bei der Winkelzählprobe werden ausgehend vom Mittelpunkt des Probekreises alle stehenden, lebenden Bäume erfasst und Baumart mittels okularer Ansprache, BHD mittels Klappung, Baumhöhe mittels Messung und allfällige Schäden oder Merkmale mittels okularer Ansprache aufgenommen.

Bei der Traktanalyse werden 2 Trakte mit je 10 x 1 Meter ausgehend vom Mittelpunkt der Probefläche quer zur Fallrichtung gelegt und in der Probenflächenskizze vermerkt.

## Literaturverzeichnis

- Ammann, M. (2006). *Schutzwirkung abgestorbener Bäume gegen Naturgefahren*. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Ancey, C., & Bain, V. (2015). Dynamics of glide avalanches and snow gliding. *AGU Publications. Reviews of Geophysics*.
- Aulitzky, H. (1988). Die human- und landschaftsökologischen Folgen des Waldsterbens. *Proceedings of the Interpraevent. Graz*, S. 343-356.
- Bebi, P. (1999). *Erfassung von Strukturen im Gebirgswald als Beurteilungsgrundlage ausgewählter Waldwirkungen*. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule.
- Bebi, P., Grêt-Regamey, A., Rhyner, J., & Ammann, W. J. (2004). Risikobasierte Schutzwaldstrategie. *Forum für Wissen*, S. 79-86.
- Bebi, P., Hug, M., & Kreilinger, M. (2014). Thema. Bergwald als Lawinenschutz. *Zeitschrift "Specht" der Stiftung Bergwaldprojekt 01*, S. 2-4.
- Bebi, P., Kulakowski, D., & Rixen, C. (2009). Snow avalanche disturbances in forest ecosystems - State of research and implications for management. *Forest Ecology and Management* 257, 1883-1892.
- Brändli, U.-B., & Herold, A. (1999). Schutz vor Naturgefahren. In P. Brassel, & H. Lischke, *Schweizerisches Landesforstinventar. Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment*. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL.
- Brang, P. (2002). Zustand des Schutzwaldes in der Schweiz - die Sicht eines Forschers. 4. *Bergwaldkonferenz zum Bergwaldprotokoll der Alpenkonvention*, (S. 27-31). Alt Grainau.
- Brang, P., & Hallenbarter, D. (2007). Bewertung von Handlungsstrategien in Schutzwäldern: ein integraler Modellansatz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, S. 176-193.
- Brang, P., & Lässig, R. (2000). Restoring protection against natural hazards in European mountain forests after wind disturbance. How much human interference? *Forests and society: Sub-Plenary Papers and Abstracts*, S. 328-337.
- Brang, P., Schönenberger, W., Bachofen, H., Zingg, A., & Wehrli, A. (2004). Schutzwalddynamik unter Störungen und Eingriffen: Auf dem Weg zu einer systematischen Sicht. *Forum für Wissen*, S. 55-66.
- Bühl, A. (2018). *SPSS: Einführung in die moderne Datenanalyse ab SPSS 25 (Pearson Studium - Scientific Tools)*. Pearson Studium.
- Bühler, Y., Kumar, S., Veitinger, J., Christen, M., Stoffel, A., & Snehmani. (24. Mai 2013). Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, S. 1321-1335.
- Bundesforschungszentrum für Wald. (2011). *BFW Praxisinformation Nr. 24-2011. Waldinventur 2007/09*. Wien: Bundesforschungszentrum für Wald.

- Bundesforschungszentrum für Wald. (2016). *Österreichs Wald*. Wien: Bundesforschungszentrum für Wald.
- Burkard, A. (1992). Erfahrungen mit der Lawinenzonierung in der Schweiz. *Tagungspublikation, Band 2, Internationales Symposium Interpraevent, Bern*, S. 386-407.
- Butler, D. R. (1979). Snow avalanche path terrain and vegetation glacier national park, Montana. *Arctic and Alpine Research*, S. 17-32.
- Butler, D., & Malanson, G. P. (1985). A reconstruction of snow-avalanche characteristics in Montana, U.S.A., using vegetative indicators. *Journals of Glaciology, Vol. 31, No. 108*, S. 185-187.
- BUWAL. (1996). *Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion: Wegleitung*. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Clarke, J., & McClung, D. (1999). Full-deph avalenche occurences caused by snow gliding, Coquihalla, British Columbia, Canada. *Journal of Glaciology*, S. 539-546.
- Collin, S. (11. März 2014). *Lawinen: Grundlagen für einen effektiven Schutz*. Abgerufen am 2. Februar 2018 von [https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/sturm\\_schnee\\_eis/fva\\_lawinen\\_w4\\_2/index\\_DE](https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/sturm_schnee_eis/fva_lawinen_w4_2/index_DE)
- Dobbertin, M. (2002). Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing the storms Vivian and Lothar. *Forest Snow and Landscape Research* 77, S. 187-205.
- Duc, P., Brändli, U.-B., & Brassel, P. (2004). Der Schutzwald im zweiten Schweizerischen Landesforstinventar (LFI2). *Forum für Wissen*, S. 7-13.
- Ehrenfeldner, J. (2005). *Entwicklung eines waldbaulichen Behandlungskonzepts am Beispiel der Einzugsgebiete Kühgraben und Rotgraben im Nationalpark Gesäuse. Diplomarbeit*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Eisl, J. (2010). *GIS-basierte Evaluierung von forstlich-ingenieurbiologischen Maßnahmen im Bannwald Hallstatt (OÖ). Diplomarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Fahrmeir, L., Christian, H., Künstler, R., Pigeot, I., & Tutz, G. (2016). *Statistik: Der Weg zur Datenanalyse (Springer-Lehrbuch)*. Springer Spektrum.
- Fiebigler, G. (1978). *Ursachen von Waldlawinen im Bereich der nordöstlichen Randalpen und ihre Behandlung durch forsttechnische Maßnahmen. Dissertation*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Foehn, P., Stoffel, M., & Bartlet, P. (2002). Formation and forecasting of large (catastrophic) new snow avalanches. *International Snow Science Workshop, Penticton, B.C.*, S. 141-148.
- Forstgesetz (BGBl. Nr. 440/1975). (2017). *Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird (Forstgesetz 1975), Fassung vom 25.08.2017*.

- Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1974). *Technischer Bericht - Killerlawine*. Stainach: Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1975). *Technischer Bericht - Killerlawine*. Stainach: Forsttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1982). *Technischer Bericht zum Bauprogramm 1982, §23 DWBV, für die "Lawinensicherung Doppelsesselbahn Loser II"; Stützverbauung Graskögerlawine, Gde. Altaussee, Bez. Liezen*. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung. (1985). *Kollaudierungsniederschrift*. Altaussee: Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung.
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1987). *Technischer Bericht zum Bauprogramm für Einzelbaumaßnahmen Loser-Lawinen 1987 (Killer-Lawine)*. Altaussee: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1991). *Technischer Bericht - Bauprogramm für Instandhaltungsmaßnahmen 1991*. Stainach: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Fosttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung. (1975). *Technischer Bericht - Donalawine*. Stainach: Fosttechnische Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung.
- Frehner, M., Wasser, B., & Schwitter, R. (2005). *Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion*. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).
- Frey, W., & Patrick, T. (2002). Avalanche protection of windthrow areas: A ten year comparison of cleared and uncleared starting zones. *Forest Snow and Landscape Research* 77, S. 89-107.
- Gabl, K., & Lackinger, B. (2000). *Lawinenhandbuch, 7. Aktualisierte Ausgabe*. Tyrolia Verlaganstalt.
- Geologische Bundesanstalt (Hrsg.). (2013). *Geologie von Österreich - Posterkarte*. Wien: Geologische Bundesanstalt.
- Harvey, S., Winkler, K., Techel, F., & Marty, C. (2013). *Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen Winter 2006/07 - Wetter, Schneedecke und Lawinengefahr Winterbericht SLF*. Davos: WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.
- Hasenauer, H. (2011). *Waldbau. Skriptum zur VU 913.102*. unveröffentlicht.
- Hochbichler, E. (Oktober 2016). *Waldbaubroschüre. Plenterwaldbewirtschaftung*. Linz: Landwirtschaftskammer OÖ.
- Höllner, P. (1992). Zur Frage der Lawinenbildung in inneralpinen Lärchenwäldern. *Internationales Symposium Interpraevent 1992 - Bern, Tagespublikation, Band 2*, S. 415-420.
- Höllner, P. (1992). Zur Frage der Lawinenbildung in inneralpinen Lärchenwäldern. *Tagungspublikation, Band 2, Internationales Symposium Interpraevent, Bern*, S. 415-420.

- Höllner, P. (2007). Avalanche hazards and mitigation in Austria: a review. *Nat Hazards*, S. 81-101.
- in der Gand, M., & Zupančič, M. (1966). Snow gliding and avalanches. *IAHS-AISH Publication 69*, 230-242.
- Initiative Schutz durch Wald (ISDW). (2010). *ISDW-HANDBUCH für Detailprojekte*. BMLFUW und BFW.
- Johnson, E. A. (1987). The relative importance of snow avalanche disturbance and thinning on canopy plant populations. *Ecology* 68, S. 43-53.
- Johnson, E. A. (1987). The Relative Importance of Snow Avalanche Disturbance and Thinning on Canopy Plant Populations. *Ecology* 02/1987, Band 68, Ausgabe 1, S. 43-53.
- Kajimoto, T., Daimaru, H., Okamoto, T., Otani, T., & Onodera, H. (2004). Effects of Snow Avalanche Disturbance on Regeneration of Subalpine *Abies mariesii* Forest, Northern Japan. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research Vol. 36, No. 4*, S. 436-445.
- Kajimoto, T., Hiromu, D., Toru, O., & Tatsuya, O. (2004). Effects of snow avalanche disturbance on regeneration of subalpine *Abies mariesii* forest, northern Japan. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 36, S. 436-445.
- Kilian, W., Müller, F., & Starlinger, F. (1993). *Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs*. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt.
- Kupferschmid, A. D., Brang, P., Bugmann, H., & Schönenberger, W. (2004). Schutzwirkung von Gebirgsfichtenwäldern nach Buchdruckerbefall - Wie gut schützen Totholzbestände vor Naturgefahren? *Wald und Holz*, S. 33-36.
- Laatsch, W. (1977). Die Entstehung von Lawinenbahnen im Hochlagenwald. *Forstw Cbl* 96, S. 89-93.
- Leonard, R. E., & R., E. A. (1968). Albedo of intercepted snow. *Water Resources*, S. 931-935.
- Lick, H. (1991). *Das Wachstum der Zirbe bei Murau. Diplomarbeit*. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Margreth, S. (2004). Die Wirkung des Waldes bei Lawinen. *Forum für Wissen*, S. 21-26.
- Marschall, J. (1992). *Hilfstafeln für die Forsteinrichtung*. Österreichischer Agrarverlag.
- Maukisch, M., Belitz, K., Frisch, U., Stötter, J., Wilhelm, F., Stempel, K., & Zenke, B. (1996). Konzept zur Erfassung und Bewertung von Strukturen im Bergwaldbereich als Grundlage für das Verständnis der Lawinengese. *Tagespublikation, Band 2, Internationales Symposium Interpravent, Garmisch-Partenkirchen*, S. 103-112.
- Mayer, H., & Ott, E. (1991). *Gebirgswaldbau - Schutzwaldpflege: ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz*. Stuttgart: Fischer Verlag.
- McClung, D. (2001). Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging. *Annals of Glaciology* 32, 223-229.
- McClung, D. (2001). Characteristics of terrain, snow supply and forest cover for avalanche initiation caused by logging. *Annals of Glaciology* 32, S. 223-229.

- McClung, D., & Schaerer, P. (2006). *The Avalanche Handbook 3rd ed.* Seattle: Mountaineers Books.
- Mears, A. I. (1975). Dynamics of dense-snow avalanches interpreted from broken trees. *Geology* 3 (9), S. 521-523.
- Merwald, I. (1984). Die Einschätzung und Entwicklung der Schutzwirkung des Waldes gegenüber Lawinen. *Internationales Symposium INTERPRAEVENT - Villach, Tagungspublikation, Band 2*, S. 289-302.
- Meyer-Grass, M., & Imbeck, H. (1985). *Waldlawinen: Anleitung für die Meldung von Waldlawinen.* Davos: Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF).
- Meyer-Grass, M., & Schneebeli, M. (1992). Die Abhängigkeit der Waldlawinen von Standorts-, Bestandes- und Schneeverhältnissen. *Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1992 - Bern Tagungspublikation, Band 2*, S. 443-455.
- Miller, D. H. (1964). *Interception Processes During Snowstorms.* USA: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station Berkeley.
- Newesely, C., Tasser, E., & Spadinger, P. (2000). Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and applied ecology*, 61-67.
- Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P., & Cernusca, A. (2000). Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. *Basic and Applied Ecology*, S. 61-67.
- Noack, A., Schönenberger, W., & Thee, P. (2004). Schützen Windwurfflächen vor Lawinen und Steinschlag? *Wald und Holz*, S. 43-46.
- Österreichische Bundesforste AG. (2011). *Bestandesbeschreibung FB 176 Forstbetrieb Inneres Salzkammergut FR 4 Altaussee (unveröffentlicht).* Purkersdorf: Österreichische Bundesforste AG.
- Perzl, F. (2005). Beurteilung der Lawinen-Schutzwirkung des Waldes. *BFW Praxisinformation Nr. 8*, S. 27-31.
- Perzl, F. (2006). Die Buche - eine Baumart des Objektschutzwaldes. *BFW Praxisinformation 12*, S. 29-31.
- Perzl, F. (2008). Der ISDW-Dokumentationsstandard für die Erfassung der Schutzwirkungen des Waldes. *BFW-Praxisinformation Nr. 15*, S. 16-18.
- Pfister, R. (2016). *Extraktion von Hängen rund um Anrisszonen - Eine Methode angewendet auf Unfalllawinen.* Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich - Abteilung Geoconsumption.
- Pfister, R., & Schneebeli, M. (1999). Snow accumulation on boards of different sizes and shapes. *Hydrological Processes*, S. 2345-2355.
- Reineke, L. H. (1933). Perfecting a stand-density index for evenaged forests. *Journal of agricultural research Vol. 46*, S. 627-638.

- Saeki, M., & Matsuoka, H. (1969). Snow-Buried Young Forest Trees Growing on Steep Slopes. in Perzl, F. (2005). *Beurteilung der Lawinen-Schutzwirkung des Waldes. BFW Praxisinformation Nr. 8*, S. 27-31.
- Salm, B. (1978). Snow forces on forest plants. *Proceedings of the IUFRO Seminar Mountain Forests and Avalanches*, 157-182.
- Satterlund, D. R. (1967). Snow catch by conifer crowns. *Water Resources Research* 3, S. 1035-1039.
- Schima, J., Grieshofer, A., & Starsich, A. (2016). *Wälder mit Objektschutzwirkung Handbuch für OSWI-Bezirksrahmenpläne Stand: April 2016*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Schmidt, R., & Gluns, D. R. (1991). Snowfall Interception on Branches of Three Conifer Species. *Canadian Journal of Forest Research* 21, S. 1262-1269.
- Schneebeili, M., & Bebi, P. (2004). Snow and avalanche control. *Encyclopedia of Forest Sciences*, S. 397-402.
- Schneebeili, M., & Meyer-Grass, M. (1992). Avalanche starting zones below the timber line – structure of forest. *Proceedings International Snow Science Workshop*, S. 176-181.
- Schöneberger, W. (1978). Ökologie der natürlichen Verjüngung von Fichte und Bergföhre in Lawinenzügen der nördlichen Voralpen. *Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Mitteilungen* 54, S. 215-361.
- Schöneberger, W. (2002). Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *Forest Snow and Landscape Research* 77, S. 61-80.
- Schöneberger, W., Noack, A., & Thee, P. (2005). Effect of timber removal from windthrow slopes on the risk of snow avalanches and rockfall. *Forest Ecology and Management* 213, S. 197-208.
- Schweizer, J., Jamieson, B. J., & Schneebeili, M. (2003). Snow Avalanche Formation. *Reviews of Geophysics*, 41, 4 /1016.
- Schwitter, R. (2002). Sturmholz als Lawinenschutz - ein Erfahrungsbericht. *Wald und Holz*, S. 1-5.
- Schwitter, R. (2011). Sturmholz als Lawinenschutz - ein Erfahrungsbericht - 20 Jahre nach dem Sturm . *Wald und Holz*, S. 29-31.
- Smith, M., & McClung, D. (1997). Avalanche frequency and terrain characteristics at Rogers' pass. *Journal of Glaciology* 43, S. 165-171.
- Sommerhalder, R., & Meyer-Grass, M. (1992). Waldlawinen im Lusiwald bei Davos in der Zeitspanne von 1982 bis 1990. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 143/2, S. 119-130.
- Sterba, H. (2011). *Forstliche Biometrie II. Skriptum zur Lehrveranstaltung 914.148*. unveröffentlicht.
- Vontobel, I. (2011). *Geländeanalysen von Unfalllawinen. Masterarbeit Geographisches Institut der Universität Zürich* . Zürich: Universität Zürich - Irchel .

- Wakabayashi, R. (12 1971). Beitrag zur Untersuchung von Lawinen im Waldgebiet Hokkaidos. *Research Bulletins of the College Experiment Forests Hokkaido University 28 (2)*, S. 259-323.
- Weinfurter, P. (2013). *Waldbau in Österreich auf ökologischer Grundlage. Eine Orientierungshilfe für die Praxis*. Wien: Landwirtschaftskammer Österreich .
- Weir, P. (2002). *Snow avalanche management in forested terrain*. Govt of British Columbia.
- Wunder, J., & Brang, P. (2003). Fichtenverjüngung im Gebirgswald: Erfolgskontrolle in Schlitten. *Wald und Holz, 84*, S. 13-14.
- Zenke, B. (1985). Lawenstriche im Bergwald. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 50*, S. 49-63.
- Zenke, B., & Konetschny, H. (1988). Lawinentätigkeit in zerfallenden Bergwäldern. *Internationales Symposium INTERPREAVENT 1988 - GRAZ Band 5*, S. 213-227.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektgebiet - Alt Aussee (Quelle: <a href="http://gis2.stmk.gv.at">http://gis2.stmk.gv.at</a> ).....	8
Abbildung 2: Geologische Karte Projektgebiet - Alt Aussee (Quelle: WLV Gebietsbauleitung Liezen) ..	9
Abbildung 3: Potentielle Anrisspixel Lawinen (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren) .....	13
Abbildung 4: Potentielle Anrisspixel Lawinen inkl. Klassifikation nach Exposition (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren).....	14
Abbildung 5: Dispositionskarte Lawinen (Quelle Institut für Alpine Naturgefahren) .....	15
Abbildung 6: Dispositionskarte Lawinen verschnitten mit den Waldflächen der ÖBf-AG (Quelle: Institut für Alpine Naturgefahren) .....	16
Abbildung 7: Ausschnitt Bestandeskarte (Quelle: eigene Darstellung nach ÖBf-AG).....	17
Abbildung 8: Auszug - Operat (Quelle: ÖBf-AG).....	18
Abbildung 9: Gesamtansicht der Loser-Südabfälle (Quelle: Archiv der WLV) .....	19
Abbildung 10: Loser - Hochanger - Graskögerl mit skizzierten Lawinenzügen; 1973 geplante Verbauungen rot umrissen. Blick gegen Norden (Quelle: Archiv der WLV).....	20
Abbildung 11: Kartenausschnitt - Behandlungseinheiten.....	24
Abbildung 12: Erklärung des Begriffs "Waldlawine" (abgeändert nach Bebi, 1999) .....	32
Abbildung 13: Arbeitskarte - Orthofoto mit Stichprobenraster .....	77
Abbildung 14: Arbeitskarte - Lawinendisposition mit Stichprobenraster .....	78
Abbildung 15: Arbeitskarte - Bestandeskarte mit Stichprobenraster .....	79
Abbildung 16: Wiederholungsaufnahmen - Lawinenschutzmonitoring Loser (Allgemein) .....	82
Abbildung 17: Wiederholungsaufnahmen - Lawinenschutzmonitoring Loser (Winkelzählprobe & Traktanalyse) .....	83
Abbildung 18: Aufnahmeformular - Flächenwirtschaftliches Projekt - Loser 2017 (Allgemein).....	101
Abbildung 19: Aufnahmeformular - Flächenwirtschaftliches Projekt - Loser 2017 (Winkelzählprobe & Traktanalyse) .....	102

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestandesparameter .....	5
Tabelle 2: Höhenstufen im Wuchsgebiet 4.1 Nördliche Randalpen - Westteil.....	11
Tabelle 3: Traktanalyse.....	26
Tabelle 4: Skalierung der ausgewählten Bestandesparameter .....	28
Tabelle 5: Rangordnung der ausgewählten Bestandesparameter .....	28
Tabelle 6: Notwendige Stammzahlen (N in Stück/ha) gegen Lawinenanbruch (abgeändert nach Perzl, F., 2005).....	38
Tabelle 7: Zusammenfassung der Korrelationsergebnisse (K... Korrelation; K... starke Korrelation) ...	44
Tabelle 8: Korrelationsmatrix .....	45
Tabelle 9: Zusammenfassung - Prüfung der Hypothesen (0... Nullhypothese bestätigt; A... Nullhypothese verworfen) .....	57
Tabelle 10: Koordinaten - Stichprobenraster .....	76
Tabelle 11: Korrelationen Bestandesaufbau - Lücken.....	103
Tabelle 12: Korrelationen Bestandesaufbau - Totholz .....	103
Tabelle 13: Korrelationen Bestandesaufbau - Anteil Nadelholz .....	103
Tabelle 14: Korrelationen Bestandesaufbau - Anteil Laubholz .....	104
Tabelle 15: Korrelationen Bestandesaufbau - Beschirmung.....	104
Tabelle 16: Korrelationen Bestandesaufbau - Stammzahl/ha.....	104
Tabelle 17: Korrelationen Bestandesaufbau - Entwicklungsphase .....	105
Tabelle 18: Korrelationen Bestandesaufbau - Verjüngungsbereitschaft .....	105
Tabelle 19: Korrelationen Bestandesaufbau - Verjüngungsprobleme .....	105
Tabelle 20: Korrelationen Bestandesaufbau - Verbiss .....	106
Tabelle 21: Korrelationen Lücken - Totholz.....	106
Tabelle 22: Korrelationen Lücken - Anteil Nadelholz .....	106
Tabelle 23: Korrelationen Lücken - Anteil Laubholz.....	107
Tabelle 24: Korrelationen Lücken - Beschirmung.....	107
Tabelle 25: Korrelationen Lücken - Stammzahl/ha .....	107
Tabelle 26: Korrelationen Lücken - Entwicklungsphase.....	108
Tabelle 27: Korrelationen Lücken - Verjüngungsbereitschaft.....	108
Tabelle 28: Korrelationen Lücken - Verjüngungsprobleme.....	108
Tabelle 29: Korrelationen Lücken - Verbiss.....	109
Tabelle 30: Korrelationen Totholz - Anteil Nadelholz .....	109
Tabelle 31: Korrelationen Totholz - Anteil Laubholz .....	109
Tabelle 32: Korrelationen Totholz - Beschirmung.....	110
Tabelle 33: Korrelationen Totholz - Stammzahl/ha .....	110
Tabelle 34: Korrelationen Totholz - Entwicklungsphase .....	110
Tabelle 35: Korrelationen Totholz - Verjüngungsbereitschaft .....	111
Tabelle 36: Korrelationen Totholz - Verjüngungsprobleme .....	111
Tabelle 37: Korrelationen Totholz - Verbiss .....	111
Tabelle 38: Korrelationen Anteil Nadelholz - Anteil Laubholz.....	112
Tabelle 39: Korrelationen Anteil Nadelholz - Beschirmung .....	112
Tabelle 40: Korrelationen Anteil Nadelholz - Stammzahl/ha.....	112
Tabelle 41: Korrelationen Anteil Nadelholz - Entwicklungsphase.....	113
Tabelle 42: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verjüngungsbereitschaft.....	113

Tabelle 43: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verjüngungsprobleme .....	113
Tabelle 44: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verbiss.....	114
Tabelle 45: Korrelationen Anteil Laubholz - Beschirmung .....	114
Tabelle 46: Korrelationen Anteil Laubholz - Stammzahl/ha.....	114
Tabelle 47: Korrelationen Anteil Laubholz - Entwicklungsphase .....	115
Tabelle 48: Korrelationen Anteil Laubholz - Verjüngungsbereitschaft .....	115
Tabelle 49: Korrelationen Anteil Laubholz - Verjüngungsprobleme .....	115
Tabelle 50: Korrelationen Anteil Laubholz - Verbiss .....	116
Tabelle 51: Korrelationen Beschirmung - Stammzahl/ha .....	116
Tabelle 52: Korrelationen Beschirmung - Entwicklungsphase .....	116
Tabelle 53: Korrelationen Beschirmung - Verjüngungsbereitschaft .....	117
Tabelle 54: Korrelationen Beschirmung - Verjüngungsprobleme .....	117
Tabelle 55: Korrelationen Beschirmung - Verbiss .....	117
Tabelle 56: Korrelationen Stammzahl/ha - Entwicklungsphase.....	118
Tabelle 57: Korrelationen Stammzahl/ha - Verjüngungsbereitschaft.....	118
Tabelle 58: Korrelationen Stammzahl/ha - Verjüngungsprobleme.....	118
Tabelle 59: Korrelationen Stammzahl/ha - Verbiss.....	119
Tabelle 60: Korrelationen Entwicklungsphase - Verjüngungsbereitschaft .....	119
Tabelle 61: Korrelationen Entwicklungsphase - Verjüngungsprobleme .....	119
Tabelle 62: Korrelationen Entwicklungsphase - Verbiss .....	120
Tabelle 63: Korrelationen Verjüngungsbereitschaft - Verjüngungsprobleme .....	120
Tabelle 64: Korrelationen Verjüngungsbereitschaft - Verbiss.....	120
Tabelle 65: Korrelationen Verjüngungsprobleme - Verbiss .....	121
Tabelle 66: Versuchsgruppe 1 - Ränge Bestandesaufbau .....	122
Tabelle 67: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Bestandesaufbau.....	122
Tabelle 68: Versuchsgruppe 1 - Ränge Lücken.....	122
Tabelle 69: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Lücken .....	122
Tabelle 70: Versuchsgruppe 1 - Ränge Totholz .....	123
Tabelle 71: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Totholz.....	123
Tabelle 72: Versuchsgruppe 1 - Ränge Anteil Nadelholz.....	123
Tabelle 73: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Anteil Nadelholz .....	123
Tabelle 74: Versuchsgruppe 1 - Ränge Beschirmung .....	124
Tabelle 75: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Beschirmung.....	124
Tabelle 76: Versuchsgruppe 1 - Ränge Stammzahl/ha.....	124
Tabelle 77: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Stammzahl/ha .....	124
Tabelle 78: Versuchsgruppe 1 - Ränge Entwicklungsphase .....	125
Tabelle 79: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Entwicklungsphase .....	125
Tabelle 80: Versuchsgruppe 1 - Ränge Verjüngungssituation.....	125
Tabelle 81: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Verjüngungssituation .....	125
Tabelle 82: Versuchsgruppe 2 - Ränge Bestandesaufbau .....	126
Tabelle 83: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Bestandesaufbau.....	126
Tabelle 84: Versuchsgruppe 2 - Ränge Lücken.....	126
Tabelle 85: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Lücken .....	126
Tabelle 86: Versuchsgruppe 2 - Ränge Totholz .....	127
Tabelle 87: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Totholz.....	127
Tabelle 88: Versuchsgruppe 2 - Ränge Anteil Nadelholz.....	127

Tabelle 89: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Anteil Nadelholz .....	127
Tabelle 90: Versuchsgruppe 2 - Ränge Beschirmung .....	128
Tabelle 91: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Beschirmung.....	128
Tabelle 92: Versuchsgruppe 2 - Ränge Stammzahl/ha.....	128
Tabelle 93: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Stammzahl/ha .....	128
Tabelle 94: Versuchsgruppe 2 - Ränge Entwicklungsphase .....	129
Tabelle 95: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Entwicklungsphase .....	129
Tabelle 96: Versuchsgruppe 2 - Ränge Verjüngungssituation.....	129
Tabelle 97: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Verjüngungssituation .....	129

## Anhang

# Anhang 1 - Aufnahmeformulare

<b>Flächenwirtschaftliches Projekt - Loser 2017</b> Gemeinde Bad Aussee / Bezirk Liezen
--

Datum: \_\_\_\_\_ Abteilung: \_\_\_\_\_  
Ifd. Nummer: \_\_\_\_\_ Unterabteilung: \_\_\_\_\_  
Behandlungseinheit: \_\_\_\_\_ Wetter: \_\_\_\_\_

Fotonr.: \_\_\_\_\_

<b>GRUNDDATEN</b>
-------------------

Flächengröße: ha  
Eigentümer: ÖBF AG

Servitute und Belastungen:

--

<b>STANDORTSBESCHREIBUNG</b>
------------------------------

Seehöhe: \_\_\_\_\_ m

Koordinaten: x: \_\_\_\_\_ y: \_\_\_\_\_ m Abw.

Exposition:  N  NO  O  SO  
 S  SW  W  NW

Hangneigung: \_\_\_\_\_

Flächenart: \_\_\_\_\_

Lage (Exposition zur Gefahr): \_\_\_\_\_

Grundgestein: \_\_\_\_\_

Boden: \_\_\_\_\_

Wasserhaushalt: ① trocken ② mäßig frisch ③ frisch ④ sehr frisch ⑤ feucht

Vegetationstyp: \_\_\_\_\_

**geomorphologische/ geohydrologische Situation:**

HYDROLOGIE

Quellwasseraustritte:	<input type="radio"/> 0 nein	<input type="radio"/> 1 ja (Skizze)	Nässezeiger - Arten:	
Versickerungsstellen:	<input type="radio"/> 0 nein	<input type="radio"/> 1 ja (Skizze)		
Nässezeiger:	<input type="radio"/> 0 nein	<input type="radio"/> 1 ja (Arten)		
Hangwassereinfluss:	<input type="radio"/> 0 unbedeutend	<input type="radio"/> 1 mäßig	<input type="radio"/> 2 groß	<input type="radio"/> 3 nicht eindeutig

GEOMORPHOLOGIE

Geländeform:

**Relief:**  0 Oberhang  1 Mittelhang  2 Unterhang  3 Kuppe  4 Mulde  
 5 Ebene  6 Plateau  7 Talboden  8 Wanne  9 Graben

**Längenprofil:** Regelmäßigkeit:  0 gleichförmig  1 ungleichförmig

Krümmung:  0 gestreckt  1 konvex  2 konkav

**Schutzfunktion:**  1 Lawine  2 Steinschlag  3 Erosion  4 Bewehrung  5 Entwässerung

**BESTANDESBESCHREIBUNG**

**Waldgesellschaft:** \_\_\_\_\_

**Höhenstufe:** \_\_\_\_\_

**Baumarten:** \_\_\_\_\_

Anteil NH: \_\_\_\_\_ Anteil LH: \_\_\_\_\_

**Struktur:**  einschichtig  zweischichtig  mehrschichtig

**Beschirmung:**  1 gedrängt  2 geschlossen  3 locker  4 licht - räumdig

**Haupt- und Nebenwuchsklassen:** HWK: \_\_\_\_\_ NWK: \_\_\_\_\_

**Entwicklungsphase:** \_\_\_\_\_

**Jungwuchs vorhanden:**  0 nein  1 ja Stammzahl: \_\_\_\_\_

**Di. I u./ od. Di. II vorhanden:**  0 nein  1 ja Stammzahl: \_\_\_\_\_

**STH u./ od. BH/Bst vorhanden:**  0 nein  1 ja Stammzahl: \_\_\_\_\_ STH: \_\_\_\_\_ BH: \_\_\_\_\_

**Alterssituation (geschätzt):** min. Alter: \_\_\_\_\_ max. Alter: \_\_\_\_\_

**Wüchsigkeit:** \_\_\_\_\_

**Totholz:**  0 nein  1 ja wenn ja:  1 stehend  2 liegend

**Schäden:**

Käferbefall:  0 keiner  1 1-2  2 3-5  3 6-10  4 >10 Bäume

Windwurf:  0 keiner  1 1-2  2 3-5  3 6-10  4 >10 Bäume

Wind-/ Schneebruch:  0 keiner  1 1-2  2 3-5  3 6-10  4 >10 Bäume

Schäl-/ Fegeschäden:  0 keiner  1 1-2  2 3-5  3 6-10  4 >10 Bäume

SCHNEESCHUB (Säbelwuchs):  0 keiner  1 vereinzelt  2 häufig  3 massiv

HANGBEWEGUNGEN (Betrunkenener Wald):  0 keiner  1 vereinzelt  2 häufig  3 massiv

**STEINSCHLAG**

Steinschlag Häufigkeit:  0 keiner  1 vereinzelt  2 häufig  3 massiv

Steinschlag Alter:  1 alt  2 neu

Steinschlag Größe:  1 < 30 cm  2 31-60 cm  3 >60 cm

Sonstige: \_\_\_\_\_

**Kronenverlichtung:**  0 keine  1 vereinzelt  2 mäßig  3 stark

**bisherige Bewirtschaftung:** \_\_\_\_\_

**Lücken (+ Lückengröße in m²):** \_\_\_\_\_  
 in Skizze eintragen  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**VERJÜNGUNGSSITUATION**

**Verjüngungsbereitschaft:**  0 keine  1 vereinzelt  2 mäßig  3 stark

**Verjüngungsprobleme:**  Trockenheit/Frosttrocknis  Käferbefall  Gleitschnee  Steinschlag  
 Erosion  Sonstiges: \_\_\_\_\_

**Verbissituation:**  0 keiner  1 1-25%  2 26-50%  3 51-75%  4 76-100%

**Verjüngungstechnik:**  0 keine  1 Naturverjüngung  2 künstliche Verjüngung

wenn Aufforstung:  
 Pflanzungsart: \_\_\_\_\_  
 Pflanzenbedarf: \_\_\_\_\_

**WALDBAULICHE PLANUNG**

**Zielsetzung:** \_\_\_\_\_  
**Maßnahmen:** \_\_\_\_\_  
**Holzanfall:** \_\_\_\_\_  
**Sanierungszeitraum:** \_\_\_\_\_

**DRINGLICHKEITSTUFEN**

1 vordringlich  2 dringlich  3 sonstiges

**TECHNISCHE PLANUNG**

Erschließung/ Bringungsmöglichkeiten, technische Begleitmaßnahmen bei der Aufforstung/ Verjüngung, sonstige technische Maßnahmen:

**SKIZZE AUFNAHMEFLÄCHE/ NOTIZEN**

**Abkürzungen:**

BL1...	Blösse:	Stammzahl <50
BL2....	Blösse:	Stammzahl <100
JW....	Jungwuchs:	<1,3 m
DI1....	Dickung 1:	1,3- 5m
DI2....	Dickung 2:	5- 10m

STH...	Stangenholz:	10m- BHD 20cm
BH1...	Baumholz 1:	BHD 20- 35cm
BH2...	Baumholz 2:	BHD 35- 50cm
Bst....	Starkholz:	BHD >50cm

WUCHS- KLASSEN	BAUMARTEN					
	Fi	Ta	Bu			
JW						
DI1						
DI2						
STH						
BH1						
BH2						
Bst						

Abbildung 18: Aufnahmeformular - Flächenwirtschaftliches Projekt - Loser 2017 (Allgemein)

**PUNKTERHEBUNG WINKELZÄHLPROBE**

Datum:                      lfd. Nr.                      Abt:                      Uabt.                      Behandlungse.:

	Baumart	BHD (cm)	Höhe (m)	Schäden <5 Jahre

	Baumart	BHD (cm)	Höhe (m)	Schäden <5 Jahre

**PUNKTERHEBUNG TRAKTANALYSE**

Trakt 1												
	10-30 cm			31-50 cm			51-80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
....												
....												
....												

Trakt 2												
	10-30 cm			31-50 cm			51-80 cm			81-130 cm		
Verbiss	unverbissen	Leittrieb	Seitentrieb									
Fi												
Ta												
Bu												
Ah												
Lä												
Es												
....												
....												
....												

Abbildung 19: Aufnahmeformular - Flächenwirtschaftliches Projekt - Loser 2017 (Winkelzählprobe & Traktanalyse)

## Anhang 2 – Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Tabelle 11: Korrelationen Bestandesaufbau - Lücken

Korrelationen			Bestandesaufbau	Lücken
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	-,039
		Sig. (2-seitig)	.	,704
		N	99	99
	Lücken	Korrelationskoeffizient	-,039	1,000
		Sig. (2-seitig)	,704	.
		N	99	105

Tabelle 12: Korrelationen Bestandesaufbau - Totholz

Korrelationen			Bestandesaufbau	Totholz
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,127
		Sig. (2-seitig)	.	,210
		N	99	99
	Totholz	Korrelationskoeffizient	,127	1,000
		Sig. (2-seitig)	,210	.
		N	99	105

Tabelle 13: Korrelationen Bestandesaufbau - Anteil Nadelholz

Korrelationen			Bestandesaufbau	Anteil Nadelholz
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	-,279**
		Sig. (2-seitig)	.	,005
		N	99	99
	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	-,279**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,005	.
		N	99	99

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 14: Korrelationen Bestandesaufbau - Anteil Laubholz

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Anteil Laubholz
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,279**
		Sig. (2-seitig)	.	,005
		N	99	99
	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	,279**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,005	.
		N	99	99

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 15: Korrelationen Bestandesaufbau - Beschirmung

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Beschirmung
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	-,152
		Sig. (2-seitig)	.	,132
		N	99	99
	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	-,152	1,000
		Sig. (2-seitig)	,132	.
		N	99	105

Tabelle 16: Korrelationen Bestandesaufbau - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,134
		Sig. (2-seitig)	.	,186
		N	99	99
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	,134	1,000
		Sig. (2-seitig)	,186	.
		N	99	105

Tabelle 17: Korrelationen Bestandesaufbau - Entwicklungsphase

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	-,052
		Sig. (2-seitig)	.	,653
		N	76	76
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	-,052	1,000
		Sig. (2-seitig)	,653	.
		N	76	82

Tabelle 18: Korrelationen Bestandesaufbau - Verjüngungsbereitschaft

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,477**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	99	99
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	,477**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	99	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 19: Korrelationen Bestandesaufbau - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,383**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	99	99
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	,383**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	99	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 20: Korrelationen Bestandesaufbau - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Bestandesaufbau	Verbiss
Spearman-Rho	Bestandesaufbau	Korrelationskoeffizient	1,000	,392**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	99	99
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	,392**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	99	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 21: Korrelationen Lücken - Totholz

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Totholz
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	-,150
		Sig. (2-seitig)	.	,127
		N	105	105
	Totholz	Korrelationskoeffizient	-,150	1,000
		Sig. (2-seitig)	,127	.
		N	105	105

Tabelle 22: Korrelationen Lücken - Anteil Nadelholz

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Anteil Nadelholz
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	-,043
		Sig. (2-seitig)	.	,669
		N	105	99
	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	-,043	1,000
		Sig. (2-seitig)	,669	.
		N	99	99

Tabelle 23: Korrelationen Lücken - Anteil Laubholz

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Anteil Laubholz
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	,043
		Sig. (2-seitig)	.	,669
		N	105	99
	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	,043	1,000
		Sig. (2-seitig)	,669	.
		N	99	99

Tabelle 24: Korrelationen Lücken - Beschirmung

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Beschirmung
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	-,323**
		Sig. (2-seitig)	.	,001
		N	105	105
	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	-,323**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,001	.
		N	105	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 25: Korrelationen Lücken - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	-,306**
		Sig. (2-seitig)	.	,001
		N	105	105
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	-,306**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,001	.
		N	105	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 26: Korrelationen Lücken - Entwicklungsphase

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	-,036
		Sig. (2-seitig)	.	,745
		N	82	82
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	-,036	1,000
		Sig. (2-seitig)	,745	.
		N	82	82

Tabelle 27: Korrelationen Lücken - Verjüngungsbereitschaft

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	,166
		Sig. (2-seitig)	.	,091
		N	105	105
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	,166	1,000
		Sig. (2-seitig)	,091	.
		N	105	105

Tabelle 28: Korrelationen Lücken - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	,158
		Sig. (2-seitig)	.	,107
		N	105	105
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	,158	1,000
		Sig. (2-seitig)	,107	.
		N	105	105

Tabelle 29: Korrelationen Lücken - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Lücken	Verbiss
Spearman-Rho	Lücken	Korrelationskoeffizient	1,000	,215*
		Sig. (2-seitig)	.	,028
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	,215*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,028	.
		N	105	105

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 30: Korrelationen Totholz - Anteil Nadelholz

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Anteil Nadelholz
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,075
		Sig. (2-seitig)	.	,462
		N	105	99
	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	,075	1,000
		Sig. (2-seitig)	,462	.
		N	99	99

Tabelle 31: Korrelationen Totholz - Anteil Laubholz

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Anteil Laubholz
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,075
		Sig. (2-seitig)	.	,462
		N	105	99
	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	-,075	1,000
		Sig. (2-seitig)	,462	.
		N	99	99

Tabelle 32: Korrelationen Totholz - Beschirmung

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Beschirmung
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,291**
		Sig. (2-seitig)	.	,003
		N	105	105
	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	,291**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,003	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 33: Korrelationen Totholz - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,145
		Sig. (2-seitig)	.	,141
		N	105	105
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	,145	1,000
		Sig. (2-seitig)	,141	.
		N	105	105

Tabelle 34: Korrelationen Totholz - Entwicklungsphase

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,543**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	82	82
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	,543**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	82	82

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 35: Korrelationen Totholz - Verjüngungsbereitschaft

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,168
		Sig. (2-seitig)	.	,087
		N	105	105
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	-,168	1,000
		Sig. (2-seitig)	,087	.
		N	105	105

Tabelle 36: Korrelationen Totholz - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,062
		Sig. (2-seitig)	.	,527
		N	105	105
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	,062	1,000
		Sig. (2-seitig)	,527	.
		N	105	105

Tabelle 37: Korrelationen Totholz - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Totholz	Verbiss
Spearman-Rho	Totholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,016
		Sig. (2-seitig)	.	,869
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	-,016	1,000
		Sig. (2-seitig)	,869	.
		N	105	105

Tabelle 38: Korrelationen Anteil Nadelholz - Anteil Laubholz

<b>Korrelationen</b>			Anteil Nadelholz	Anteil Laubholz
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-1,000**
		Sig. (2-seitig)	.	.
		N	99	99
	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	-1,000**	1,000
		Sig. (2-seitig)	.	.
		N	99	99

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 39: Korrelationen Anteil Nadelholz - Beschirmung

<b>Korrelationen</b>			Anteil Nadelholz	Beschirmung
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,040
		Sig. (2-seitig)	.	,694
		N	99	99
	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	,040	1,000
		Sig. (2-seitig)	,694	.
		N	99	105

Tabelle 40: Korrelationen Anteil Nadelholz - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Anteil Nadelholz	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,109
		Sig. (2-seitig)	.	,285
		N	99	99
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	-,109	1,000
		Sig. (2-seitig)	,285	.
		N	99	105

Tabelle 41: Korrelationen Anteil Nadelholz - Entwicklungsphase

Korrelationen			Anteil Nadelholz	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,327**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	76	76
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	,327**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	76	82

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 42: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verjüngungsbereitschaft

Korrelationen			Anteil Nadelholz	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,252*
		Sig. (2-seitig)	.	,012
		N	99	99
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	-,252*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,012	.
		N	99	105

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 43: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verjüngungsprobleme

Korrelationen			Anteil Nadelholz	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,286**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	99	99
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	-,286**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	99	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 44: Korrelationen Anteil Nadelholz - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Anteil Nadelholz	Verbiss
Spearman-Rho	Anteil Nadelholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,263**
		Sig. (2-seitig)	.	,009
		N	99	99
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	-,263**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,009	.
		N	99	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 45: Korrelationen Anteil Laubholz - Beschirmung

<b>Korrelationen</b>			Anteil Laubholz	Beschirmung
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,040
		Sig. (2-seitig)	.	,694
		N	99	99
	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	-,040	1,000
		Sig. (2-seitig)	,694	.
		N	99	105

Tabelle 46: Korrelationen Anteil Laubholz - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Anteil Laubholz	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,109
		Sig. (2-seitig)	.	,285
		N	99	99
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	,109	1,000
		Sig. (2-seitig)	,285	.
		N	99	105

Table 47: Korrelationen Anteil Laubholz - Entwicklungsphase

Korrelationen			Anteil Laubholz	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	-,327**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	76	76
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	-,327**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	76	82

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 48: Korrelationen Anteil Laubholz - Verjüngungsbereitschaft

Korrelationen			Anteil Laubholz	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,252*
		Sig. (2-seitig)	.	,012
		N	99	99
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	,252*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,012	.
		N	99	105

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 49: Korrelationen Anteil Laubholz - Verjüngungsprobleme

Korrelationen			Anteil Laubholz	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,286**
		Sig. (2-seitig)	.	,004
		N	99	99
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	,286**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	.
		N	99	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 50: Korrelationen Anteil Laubholz - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Anteil Laubholz	Verbiss
Spearman-Rho	Anteil Laubholz	Korrelationskoeffizient	1,000	,263**
		Sig. (2-seitig)	.	,009
		N	99	99
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	,263**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,009	.
		N	99	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 51: Korrelationen Beschirmung - Stammzahl/ha

<b>Korrelationen</b>			Beschirmung	Stammzahl/ha
Spearman-Rho	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	1,000	,447**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	,447**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 52: Korrelationen Beschirmung - Entwicklungsphase

<b>Korrelationen</b>			Beschirmung	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	1,000	,274*
		Sig. (2-seitig)	.	,013
		N	82	82
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	,274*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,013	.
		N	82	82

\* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 53: Korrelationen Beschirmung - Verjüngungsbereitschaft

<b>Korrelationen</b>			Beschirmung	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	1,000	-,455**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	-,455**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 54: Korrelationen Beschirmung - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Beschirmung	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	1,000	-,402**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	-,402**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 55: Korrelationen Beschirmung - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Beschirmung	Verbiss
Spearman-Rho	Beschirmung	Korrelationskoeffizient	1,000	-,415**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	-,415**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Table 56: Correlations Stem Number/ha - Development Phase

<b>Korrelationen</b>			Stammzahl/ha	Entwicklungsphase
Spearman-Rho	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	1,000	-,004
		Sig. (2-seitig)	.	,969
		N	82	82
	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	-,004	1,000
		Sig. (2-seitig)	,969	.
		N	82	82

Table 57: Correlations Stem Number/ha - Juvenility Readiness

<b>Korrelationen</b>			Stammzahl/ha	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	1,000	-,054
		Sig. (2-seitig)	.	,581
		N	105	105
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	-,054	1,000
		Sig. (2-seitig)	,581	.
		N	105	105

Table 58: Correlations Stem Number/ha - Juvenility Problems

<b>Korrelationen</b>			Stammzahl/ha	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	1,000	-,249*
		Sig. (2-seitig)	.	,010
		N	105	105
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	-,249*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,010	.
		N	105	105

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 59: Korrelationen Stammzahl/ha - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Stammzahl/ha	Verbiss
Spearman-Rho	Stammzahl/ha	Korrelationskoeffizient	1,000	-,115
		Sig. (2-seitig)	.	,244
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	-,115	1,000
		Sig. (2-seitig)	,244	.
		N	105	105

Tabelle 60: Korrelationen Entwicklungsphase - Verjüngungsbereitschaft

<b>Korrelationen</b>			Entwicklungsphase	Verjüngungs- bereitschaft
Spearman-Rho	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	1,000	-,196
		Sig. (2-seitig)	.	,077
		N	82	82
	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	-,196	1,000
		Sig. (2-seitig)	,077	.
		N	82	82

Tabelle 61: Korrelationen Entwicklungsphase - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Entwicklungsphase	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	1,000	-,086
		Sig. (2-seitig)	.	,443
		N	82	82
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	-,086	1,000
		Sig. (2-seitig)	,443	.
		N	82	82

Tabelle 62: Korrelationen Entwicklungsphase - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Entwicklungsphase	Verbiss
Spearman-Rho	Entwicklungsphase	Korrelationskoeffizient	1,000	-,131
		Sig. (2-seitig)	.	,240
		N	82	82
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	-,131	1,000
		Sig. (2-seitig)	,240	.
		N	82	82

Tabelle 63: Korrelationen Verjüngungsbereitschaft - Verjüngungsprobleme

<b>Korrelationen</b>			Verjüngungs- bereitschaft	Verjüngungsprobleme
Spearman-Rho	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	1,000	,713**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	,713**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 64: Korrelationen Verjüngungsbereitschaft - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Verjüngungs- bereitschaft	Verbiss
Spearman-Rho	Verjüngungsbereitschaft	Korrelationskoeffizient	1,000	,834**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	,834**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 65: Korrelationen Verjüngungsprobleme - Verbiss

<b>Korrelationen</b>			Verjüngungsprobleme	Verbiss
Spearman-Rho	Verjüngungsprobleme	Korrelationskoeffizient	1,000	,834**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	105	105
	Verbiss	Korrelationskoeffizient	,834**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	105	105

\*\* . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

## Anhang 3 – Ergebnisse der Hypothesenprüfung

### Versuchsgruppe 1

Tabelle 66: Versuchsgruppe 1 - Ränge Bestandesaufbau

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Bestandesaufbau	nicht vorhanden	32	21,61	691,50
	vorhanden	17	31,38	533,50
	Gesamt	49		

Tabelle 67: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Bestandesaufbau

Statistik für Test <sup>a</sup>	
	Bestandesaufbau
Mann-Whitney-U	163,500
Wilcoxon-W	691,500
Z	-2,712
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,007

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 68: Versuchsgruppe 1 - Ränge Lücken

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Lücken	nicht vorhanden	34	26,94	916,00
	vorhanden	18	25,67	462,00
	Gesamt	52		

Tabelle 69: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Lücken

Statistik für Test <sup>a</sup>	
	Lücken
Mann-Whitney-U	291,000
Wilcoxon-W	462,000
Z	-,346
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,729

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 70: Versuchsgruppe 1 - Ränge Totholz

		Ränge			
		Einfluss von Schnee	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Totholz	nicht vorhanden		34	27,18	924,00
	vorhanden		18	25,22	454,00
	Gesamt		52		

Tabelle 71: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Totholz

Statistik für Test <sup>a</sup>		Totholz
Mann-Whitney-U		283,000
Wilcoxon-W		454,000
Z		-,675
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,500

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 72: Versuchsgruppe 1 - Ränge Anteil Nadelholz

		Ränge			
		Einfluss von Schnee	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Anteil Nadelholz	nicht vorhanden		32	28,56	914,00
	vorhanden		17	18,29	311,00
	Gesamt		49		

Tabelle 73: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Anteil Nadelholz

Statistik für Test <sup>a</sup>		Anteil
		Nadelholz
Mann-Whitney-U		158,000
Wilcoxon-W		311,000
Z		-2,420
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,016

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 74: Versuchsgruppe 1 - Ränge Beschirmung

Ränge				
	Einfluss von Schnee	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Beschirmung	,00	34	27,15	923,00
	1,00	18	25,28	455,00
	Gesamt	52		

Tabelle 75: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Beschirmung

Statistik für Test <sup>a</sup>	
	Beschirmung
Mann-Whitney-U	284,000
Wilcoxon-W	455,000
Z	-,446
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,655

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 76: Versuchsgruppe 1 - Ränge Stammzahl/ha

Gruppenstatistiken					
	Einfluss von Schnee	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Stammzahl/ha	nicht vorhanden	34	320,9412	300,23677	51,49018
	vorhanden	18	353,7778	249,43879	58,79329

Tabelle 77: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Stammzahl/ha

Test bei unabhängigen Stichproben											
		Levene-Test der Varianzgleichheit			T-Test für die Mittelwertgleichheit					95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere	
Stammzahl/ha	Varianzen sind gleich	,032	,858	-,397	50	,693	-32,83660	82,77975	-199,10462	133,43142	
	Varianzen sind nicht gleich			-,420	40,734	,677	-32,83660	78,15299	-190,70106	125,02786	

Tabelle 78: Versuchsgruppe 1 - Ränge Entwicklungsphase

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Entwicklungsphase	nicht vorhanden	34	30,99	1053,50
	vorhanden	18	18,03	324,50
	Gesamt	52		

Tabelle 79: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Entwicklungsphase

Statistik für Test <sup>a</sup>		Entwicklungsphase
Mann-Whitney-U		153,500
Wilcoxon-W		324,500
Z		-3,033
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,002

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

Tabelle 80: Versuchsgruppe 1 - Ränge Verjüngungssituation

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Verjüngungssituation	nicht vorhanden	34	23,41	796,00
	vorhanden	18	32,33	582,00
	Gesamt	52		

Tabelle 81: Versuchsgruppe 1 - Teststatistik Verjüngungssituation

Statistik für Test <sup>a</sup>		Verjüngungssituation
Mann-Whitney-U		201,000
Wilcoxon-W		796,000
Z		-2,142
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,032

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

## Versuchsgruppe 2

Tabelle 82: Versuchsgruppe 2 - Ränge Bestandesaufbau

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Bestandesaufbau	nicht vorhanden	42	25,24	1060,00
	vorhanden	8	26,88	215,00
	Gesamt	50		

Tabelle 83: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Bestandesaufbau

Statistik für Test <sup>a</sup>	
Bestandesaufbau	
Mann-Whitney-U	157,000
Wilcoxon-W	1060,000
Z	-,329
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,742
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]	,785 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 84: Versuchsgruppe 2 - Ränge Lücken

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Lücken	nicht vorhanden	45	27,42	1234,00
	vorhanden	8	24,63	197,00
	Gesamt	53		

Tabelle 85: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Lücken

Statistik für Test <sup>a</sup>	
Lücken	
Mann-Whitney-U	161,000
Wilcoxon-W	197,000
Z	-,575
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,565
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]	,652 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 86: Versuchsgruppe 2 - Ränge Totholz

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Totholz	nicht vorhanden	45	27,20	1224,00
	vorhanden	8	25,88	207,00
	Gesamt	53		

Tabelle 87: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Totholz

**Statistik für Test<sup>a</sup>**

		Totholz
Mann-Whitney-U		171,000
Wilcoxon-W		207,000
Z		-,318
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,750
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]		,836 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 88: Versuchsgruppe 2 - Ränge Anteil Nadelholz

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Anteil Nadelholz	nicht vorhanden	42	27,56	1157,50
	vorhanden	8	14,69	117,50
	Gesamt	50		

Tabelle 89: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Anteil Nadelholz

**Statistik für Test<sup>a</sup>**

		Anteil Nadelholz
Mann-Whitney-U		81,500
Wilcoxon-W		117,500
Z		-2,311
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,021
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]		,020 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 90: Versuchsgruppe 2 - Ränge Beschirmung

Ränge				
	Einfluss von Schnee	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Beschirmung	,00	45	28,29	1273,00
	1,00	8	19,75	158,00
	Gesamt	53		

Tabelle 91: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Beschirmung

Statistik für Test <sup>a</sup>	
Beschirmung	
Mann-Whitney-U	122,000
Wilcoxon-W	158,000
Z	-1,486
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,137
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]	,156 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 92: Versuchsgruppe 2 - Ränge Stammzahl/ha

Gruppenstatistiken					
	Einfluss von Schnee	N	Mittelwert	Std.-Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Stammzahl/ha	nicht vorhanden	45	470,7556	369,64831	55,10392
	vorhanden	8	540,0000	630,66042	222,97213

Tabelle 93: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Stammzahl/ha

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit			T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Stammzahl/ha	Varianzen sind gleich	2,299	,136	-,435	51	,666	-69,24444	159,34967	-389,15226	250,66337
	Varianzen sind nicht gleich			-,301	7,876	,771	-69,24444	229,68024	-600,33719	461,84830

Tabelle 94: Versuchsgruppe 2 - Ränge Entwicklungsphase

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Entwicklungsphase	nicht vorhanden	45	28,79	1295,50
	vorhanden	8	16,94	135,50
	Gesamt	53		

Tabelle 95: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Entwicklungsphase

Statistik für Test <sup>a</sup>		Entwicklungsphase
Mann-Whitney-U		99,500
Wilcoxon-W		135,500
Z		-2,073
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,038
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]		,044 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.

Tabelle 96: Versuchsgruppe 2 - Ränge Verjüngungssituation

		Ränge		
Einfluss von Schnee		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Verjüngungssituation	nicht vorhanden	45	25,62	1153,00
	vorhanden	8	34,75	278,00
	Gesamt	53		

Tabelle 97: Versuchsgruppe 2 - Teststatistik Verjüngungssituation

Statistik für Test <sup>a</sup>		Verjüngungssituation
Mann-Whitney-U		118,000
Wilcoxon-W		1153,000
Z		-1,654
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,098
Exakte Signifikanz [2*(1-seitige Sig.)]		,128 <sup>b</sup>

a. Gruppenvariable: Einfluss von Schnee

b. Nicht für Bindungen korrigiert.