



Masterarbeit

zur Erlangung

des akademischen Grades Diplom Ingenieur

der Studienrichtung Alpine Naturgefahren

an der

Universität für Bodenkultur – Wien

Department für Bautechnik und Naturgefahren

Institut für Alpine Naturgefahren IAN

Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich

Praxisorientierte Arbeit im Austausch mit der Wildbach und Lawinenverbauung
Österreichs – insbesondere den Sektionen Vorarlberg, Tirol und Salzburg

eingereicht bei:

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johannes Hübl

von:

Michael Weissensteiner B.Sc.

Graz, 18.07.2018

Eidesstaatliche Erklärung zur Masterarbeit

Ich versichere hiermit, diese Masterarbeit selbstständig und lediglich unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst zu haben.

Graz, am 18.07.2018

Michael Weissensteiner B.Sc.

Vorwort und Danksagung

Ein Diplomstudium erfolgreich mit einer Masterarbeit abzuschließen, erforderte nicht nur vollen Einsatz meinerseits, sondern ebenso viele Wegbegleiter, Förderer und Freunde. Ich möchte die Gelegenheit nutzen, einigen davon hier zu danken.

Beginnen möchte ich mit meinem Betreuer Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johannes Hübl, der mir diese Masterarbeit vorgeschlagen hat, mir mit Rat und Tat zu Seite stand und mich auch – wie jeder Absolvent dazu fähig sein sollte – selbständig arbeiten ließ. In diesem Zuge möchte ich mich auch beim Institut für Alpine Naturgefahren bedanken, deren Mitarbeiter nette und hilfsbereite Kollegen für mich waren. Insbesondere Frau Monika Stanzer, welche für jegliche Terminprobleme eine Lösung fand und geduldig alle Anfragen bearbeitete.

Ein besonderer Dank für die Bereitstellung der Daten – welche die Grundlage dieser Arbeit bilden – und die persönlichen Informationen vor Ort und im Gelände gilt folgenden WLV Institutionen:

Gebietsbauleitung Bludenz - DI Wolfgang Schilcher; Gebietsbauleitung Außerfern - DI Christian Ihnenberger; Gebietsbauleitung Oberes Inntal - DI Heumader Jörg
Sektion Tirol – DI Siegfried Sauer Moser; Gebietsbauleitung Pinzgau – DI Gebhard Neumayr.

Den größten Dank möchte ich meiner Familie, Freunden und Freundin Maria aussprechen. In einer Großfamilie aufgewachsen erachte ich es als nicht selbstverständlich, ein Studium absolvieren zu dürfen. Meine Mutter und Geschwister waren stets für mich da, halfen mir über persönliche Tiefpunkte hinweg und ließen mich viele fröhliche Stunden erleben. Meine Freundin Maria macht mich glücklich und erleichterte mir das Arbeiten mit schönen Momenten.

Kurzfassung

Die Alpen und ihre Berge und Täler bringen auf natürlichste Weise verschiedenste „Probleme“ mit sich. Durch die rege Siedlungstätigkeit der Menschen in Gebirgsregionen wird der Schaffung von sicheren Lebensräumen große Bedeutung beigelegt.

Ein Mosaik in diesen komplexen Zusammenhängen sind die Kriech- und Gleitdrücke in der Schneedecke (als Fachbegriff etablierte sich „Gleitschnee“), welche das Aufkommen einer schutzwirksamen Waldgesellschaft verhindern können. Verschiedenste Faktoren, wie zum Beispiel die Oberflächenbeschaffenheit, die Exposition und die Hangneigung, spielen dabei eine bedeutende Rolle wie intensiv und vernichtend derartige Schneedrücke sein können.

Die Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich ist sich diesen Problemen durchaus bewusst und entwickelte in der Vergangenheit verschiedenste Maßnahmen, um Aufforstungen vor Gleitschneedrücken zu schützen. Je nach Anforderungen in den Gebietsbauleitungen bezüglich Schneehöhen, Boden und Gelände wurden teilweise ähnliche Maßnahmen entwickelt.

In meiner Aufnahmetätigkeit in mehreren Gebietsbauleitungen kristallisierten sich unterschiedliche Formen des Dreibeinbockes als die einfachste und effektivste Maßnahme heraus. Mit geringem Aufwand vorzufertigen, zu transportieren und zu montieren, in vielen Varianten – was Wirkhöhe, Bedielung, Material und Verbindungen betrifft – ausführbar und finanziell im guten Verhältnis zur erreichten Wirkung stehend, entspricht diese Maßnahme allen Anforderungen. Natürlich gibt es jedoch effektive Alternativen, die bei geänderten Rahmenbedingungen – wie zum Beispiel die Nutzbarkeit des Geländes – sicherlich die bessere Lösung darstellen.

In dieser Arbeit sind viele Varianten dargestellt, wie ein Gleitschneeschutz ausgeführt werden kann. Es ist dem Anwender überlassen, die beste Lösung für sein Einsatzgebiet zu finden.

Abstract

The Alps, their mountains and valleys, naturally bring with them a variety of "problems". The active settlement activity of people in mountainous areas has given great importance to the creation of safe habitats.

A mosaic in these complex contexts are the creep and sliding pressures in the snow-pack (as technical term established itself "sliding snow"), which can prevent the emergence of a protective forest society. Various factors, such as the surface condition, the exposure and the slope, play an important role in how intense and destructive such snow pressures can be.

The torrent and avalanche control in Austria is well aware of these problems and has developed in the past various measures to protect reforestation from sliding snow pressure. Depending on the requirements of the regional site management regarding snow depths, soil and terrain, similar measures have been developed.

In my acceptance work in several regional building departments, different forms of the tripod have emerged as the simplest and most effective measure. With little effort to prefabricate, transport and assemble, in many variants - in terms of effective height, beams, material and connection - executable and financially in good proportion to the achieved effect, this measure meets all requirements. Of course, however, there are effective alternatives that will certainly be the better solution given changed framework conditions - such as the usability of the site.

In this work, many variants are presented how a protection against sliding snow can be performed. It is up to the user to find the best solution for his application.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1. Einleitung	8
1.1. <i>Allgemein</i>	8
1.2. <i>Motivation und Projektzielsetzung</i>	9
1.3. <i>Aufgabenstellung</i>	10
2. Rahmenbedingung Schnee	12
2.1 <i>Allgemein Schnee</i>	12
2.2 <i>Schneeklassifikation</i>	12
2.2.1 <i>Alter</i>	12
2.2.2 <i>Feuchtigkeit</i>	12
2.2.3 <i>Korngröße</i>	13
2.2.4 <i>Dichte</i>	13
2.2.5 <i>Kornform</i>	13
2.3 <i>Metamorphose von Schnee</i>	13
2.3.1 <i>Mechanische Metamorphose</i>	14
2.3.2 <i>Abbauende Metamorphose</i>	14
2.3.3 <i>Aufbauende Metamorphose</i>	14
2.3.4 <i>Schmelzmetamorphose</i>	14
2.4 <i>Was ist eine Gleitschneesituation?</i>	15

3	Rahmenbedingung Wald	16
3.1	<i>Allgemein</i>	16
3.2	<i>Gebirgswald – Funktion und Zielsetzung</i>	17
3.3	<i>Waldfunktionen</i>	17
3.4	<i>Aufforstung im Gebirge</i>	19
3.4.1	Beschreibung der Rottenaufforstung im Gebirge	19
3.4.2	Aufbau, Größe und Faktoren einer Rottenaufforstung	20
3.5	<i>Wechselwirkung Gleitschneemaßnahmen und Wild</i>	23
3.6	<i>Rohmaterial Holz</i>	24
3.7	<i>Steinschlag</i>	27
3.8	<i>Holzschutz</i>	27
1.3.1.	Konstruktiver Holzschutz	27
1.3.2.	Chemischer Holzschutz	27
3.9	<i>Schadbilder</i>	28
4	Lastfall Gleitschnee	29
4.1	<i>Allgemein</i>	29
4.2	<i>Schneedruckkomponenten</i>	29
4.2.1	Hangparallele Schneedruckkomponente	30
4.2.2	Hangsenkrechte Schneedruckkomponente	32
4.2.3	Zuschlag bei nicht hangsenkrechter Stützfläche	32
4.2.4	Randkräfte	33
5	Schutzsysteme und Bautypen	34
5.1	<i>Allgemein</i>	34
5.2	<i>Schutzsysteme und Bautypen im Überblick</i>	34
6.	Bautypen in Österreich	36
6.1	<i>Gleitschneeschutzbock $D = 0,8$</i>	36
6.2	<i>Gleitschneeschutzbock $D = 1,5$</i>	47
6.3	<i>Doppelgleitschneeschutzbock $D 1,5$</i>	60
6.4	<i>Rundhölzer mit Seilanker</i>	71

6.5	<i>Erdterrassen/ bewehrte Erde</i>	79
6.6	<i>AGS – Aufforstungsschutz und Gleitschneesicherungssystem</i>	83
6.7	<i>Sonstige Bautypen</i>	88
6.8.4.	<i>Gleitschneeschutzbock Reutte</i>	88
6.8.1	<i>Druckhügel</i>	89
6.8.2.	<i>Verfählung mit/ohne Verspannung</i>	90
6.8.6.	<i>Hängeschneebrücken D = 1,5</i>	91
6.8.6.	<i>Pflugbermen</i>	92
7.	Diskussion der Ergebnisse	93
7.1	<i>BVD - Bautypenvergleichsdiagramme</i>	94
7.2	<i>Kostentabelle</i>	97
7.3	<i>Interpretation des Bautypenvergleichsdiagramm</i>	98
9	Zusammenfassung	101
10	Anhang	102
a.	<i>Literaturverzeichnis</i>	102
b.	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	104
c.	<i>Tabellenverzeichnis</i>	105
d.	<i>Skizzenverzeichnis</i>	105
e.	<i>Bautypenkatalog</i>	106
a.	<i>Lebenslauf</i>	119

1. Einleitung

1.1. Allgemein

Schneemechanische Vorgänge beanspruchen, vor allem am niederschlagsintensiven Alpennordrand, wesentlich die Arbeit und Zeit der Wildbach- und Lawinenverbauung. Zahlreiche Aufforstungen zeigen, nach vorerst erfolgreichem Anwuchs, schwere Schäden bis hin zum kompletten Ausfall der Bepflanzung. Die mechanischen Belastungen dieser Pflanzen werden im Allgemeinen als "Schneedruck" subsummiert – welcher jedoch als fachlicher Begriff nicht zu verwenden ist. Die Belastungen ergeben sich aus vielen Faktoren, die in dieser Arbeit detailliert dargestellt und erklärt werden.

Unbewusst wurde diese Problematik in den letzten Jahrhunderten durch intensiven forstlichen Raubbau und daraus folgender landwirtschaftlicher Nutzung gefördert. Stabile, bewaldete Berghänge wurden in weitläufige, strukturlose Grashänge transformiert. Der Rückgang der arbeitsintensiven landwirtschaftlichen Nutzung einerseits und die Inanspruchnahme von Talbereichen für Infrastruktur und Siedlungsräume andererseits, stellt die Wildbach- und Lawinenverbauung vor eine umfangreiche Aufgabe – ein hohes Sicherheitsniveau durch Wiederbewaldung und Einzugsgebietsbewirtschaftung zu gewährleisten.

Einige Gebietsbauleitungen der Wildbach- und Lawinenverbauung haben sich bereits langjährig und intensiv dieser Problematik gewidmet und verschiedenste Maßnahmen entwickelt. Den in dieser Arbeit angeführten, einfach wirkenden Maßnahmen geht ein langer Prozess an Planung, Ausführung, Kontrolle und Verbesserung voraus. Es wird lediglich das Endergebnis der verschiedenen Maßnahmen anschaulich dargestellt. Diese Arbeit soll auch als besondere Wertschätzung und Anerkennung der in der Praxis entwickelten Maßnahmen gelten.



Abbildung 1: Gleitschneebewegungen oberhalb eines Einfamilienhauses, (Gbl. Außerfern)

1.2. Motivation und Projektzielsetzung

Am Beginn meiner Themensuche und Aufnahmetätigkeiten legte ich mein Hauptaugenmerk auf die praktische Relevanz meiner zukünftigen Arbeit. Mein Interesse lag nicht darin ein Thema zu bearbeiten, welches keinen weitergehenden Sinn aufweist und in der Schublade „verrottet“. Schließlich bin ich in den Gleitschneeschutzmaßnahmen fündig geworden, wo ich meine forstliche und technische Vorbildung kombinieren kann. Die Vielfalt der eingesetzten Maßnahmen, deren unterschiedlichste Einsatzgebiete, Möglichkeiten und Einflussfaktoren hat mich von Anfang an interessiert und beschäftigt.

Nach Absprache mit meinem Betreuer Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johannes Hübl konnten wir uns auf folgende Zielsetzung festlegen:

„Ziel dieser Arbeit ist, die verschiedensten Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich zu dokumentieren, zu skizzieren und zu berechnen, um daraus folgend einen Bautypenkatalog zu erstellen, welcher den Einsatz in der Praxis erleichtern soll. In der Arbeit wird besonders auf die einwirkenden Parameter Wirksamkeit und Kosten Bezug genommen.“

In dieser Arbeit soll ein Bogen zwischen praktischen Erkenntnissen im Gleitschneeschutz und wissenschaftlichen Erkenntnissen gespannt werden. Auch kritische Betrachtungen und Sichtweisen sollen hier ihren Platz haben.

1.3. Aufgabenstellung

Wie in der Zielsetzung ersichtlich, befasst sich diese Masterarbeit mit den Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich. Zu diesem Zweck wurden einige Gebietsbauleitungen ausgewählt, in denen Gleitschneeschutzmaßnahmen bereits langjährig angewendet werden und eine repräsentative Menge an Datenmaterial vorhanden ist. Folgende Gebietsbauleitungen und Personen wurden persönlich oder telefonisch kontaktiert und stellten Datenmaterial zur Verfügung:

- Forsttechnischer Dienst für Wildbach – und Lawinenverbauung
Sektion: Vorarlberg
Gebietsbauleitung: Bludenz
Gebietsbauleiter: DI Wolfgang Schilcher
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach – und Lawinenverbauung
Sektion: Tirol
Sektionsleiter: DI Siegfried Sauermoser
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach – und Lawinenverbauung
Sektion: Tirol
Gebietsbauleitung: Außerfern
Gebietsbauleiter: DI Christian Ihnenberger
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach – und Lawinenverbauung
Sektion: Salzburg
Gebietsbauleitung: Pinzgau
Gebietsbauleiter: DI Gebhard Neumayr
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach – und Lawinenverbauung
Sektion: Tirol
Gebietsbauleitung: Oberes Inntal
Gebietsbauleiter i.R.: DI Jörg Heumahder

In den Sommermonaten 2015 und 2016 wurden die Datenerhebungen durchgeführt. Es stellte sich als sehr schwierig heraus, die Projekte aus den verschiedenen Gebieten mit verschiedensten Rahmenbedingung miteinander zu vergleichen. Mit einigen Kompromissen konnte das jedoch erfolgreich durchgeführt werden.

2. Rahmenbedingung Schnee

2.1 Allgemein Schnee

Schnee zählt zu den komplexesten, sich ständig verändernden Materialien die wir kennen. Der Hauptgrund dafür ist, dass Schnee aus Formen aller drei Aggregatzuständen besteht: fest in Form von Schneekristallen, flüssig in Form von eingelagertem Wasser und gasförmig in Form von Luft und Wasserdampf in den Hohlräumen. Je nach Mischungsverhältnis dieser drei Komponenten und je nach dem Verunreinigungsgrad hat Schnee sehr unterschiedliche physikalische Eigenschaften, welche sich dominierend auf schneemechanische Vorgänge auswirken.

(RUDOLF-MIKLAU und SAUERMOSE, 2011, 32)

Schnee kann folgendermaßen definiert werden:

„Als Schnee bezeichnet man entweder die aus einzelnen oder zusammenhängenden Kristallen bestehende feste Form von Niederschlag oder deren Ablagerung am Boden.“

(MAIR und NAIRZ, 2010)

2.2 Schneeklassifikation

Schnee wird nach der „International Classification for Seasonal Snow on the Ground“ nach fünf folgenden wesentlichen Kriterien klassifiziert.

(FELLIN W, 2013, 55ff; FIERZ et al., 2009)

2.2.1 Alter

Einteilung in Neu- und Altschnee. Schnee wird meteorologisch als Altschnee bezeichnet, wenn er älter als 24 Stunden ist. Mechanisch wird von Altschnee gesprochen, wenn sich die Kristallform und somit das mechanische Verhalten verändert hat.

2.2.2 Feuchtigkeit

Die Feuchtigkeit θ ist der auf das Volumen bezogene Wassergehalt.

$\theta = \frac{V_w}{V_e}$, mit dem Volumen des flüssigen Wassers V_w und dem Volumen des Eises V_e .

2.2.3 Korngröße

Die Korngröße ist die größte Abmessung der Mehrzahl der Körner. Sie wird mit D abgekürzt. Die Einteilung geht von sehr fein $< 0,2$ mm bis extrem $> 5,0$ mm.

2.2.4 Dichte

Die Dichte $\rho = \frac{m}{V}$ (Masse/Volumen) kann leicht mit einem Ausstechzylinder und einer Waage ermittelt werden. Der Porenanteil n setzt sich aus $n = 1 - \frac{\rho}{\rho_E}$ zusammen, mit der Dichte des reinen Eises $\rho_E = 917$ kg/m³.

2.2.5 Kornform

Die Kornform gibt Anhaltspunkte über den Zustand und die Eigenschaften der betreffenden Schneesicht und ist deshalb ein wichtiges Kriterium. Des Weiteren ändert sich die Kornform durch die Metamorphose und ist annähernd konstant in einer Schicht. Ihre Bestimmung ist jedoch sehr subjektiv. Eine Beurteilungshilfe findet sich z.B. auf der Rückseite des Schneerasters der österreichischen Lawinenwarndienste. Die wichtigsten Arten sind: Neuschnee, filziger Schnee, rundkörniger Schnee, kantigkörniger Schnee, Becherkristalle, Schmelzformen, Oberflächenreif.

Die Information über die Schneeart und Schneedecke ist essentiell, um eine Belastungsannahme für verschiedene Maßnahmen treffen zu können. Da sich Schnee jedoch in ständiger Umwandlung und unter dem direkten Einfluss der Witterung steht, gibt es wenig allgemein gültige Aussagen.

2.3 Metamorphose von Schnee

Entscheidend für die Metamorphose, die durch Diffusionsprozesse erfolgt, ist der innerhalb der Schneedecke vorhandene Temperaturgradient: Je steiler der Gradient, desto intensiver ist der Umwandlungsprozess. Die Metamorphose ist entscheidend für die Lawinenentstehung, weil sich dadurch Schwachschichten in der Schneedecke bilden können.

2.3.1 Mechanische Metamorphose

Die mechanische Metamorphose erfolgt im Wesentlichen durch Windeinfluss und Gravitation. Die Kristalle werden dabei mechanisch zerstört. Typischerweise lagert sich der Schnee im Lee an und bildet dadurch gefährliche Treibschneeansammlungen.

2.3.2 Abbauende Metamorphose

Die abbauende Umwandlung führt zur Setzung der Schneedecke: das Porenvolumen nimmt ab, der Schnee wird dichter. Dies geht meist mit einer Stabilisierung der Schneedecke einher, da sich die Kontaktpunkte zwischen den Kristallen erhöhen. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Dampfdiffusion, das Eigengewicht und die Lufttemperatur. Der Schneekristall wird bei der abbauenden Metamorphose in einen energetisch günstigeren Zustand versetzt.

2.3.3 Aufbauende Metamorphose

Im Gegensatz zur abbauenden Metamorphose wachsen die Kristalle im Zuge der aufbauenden Metamorphose. Die thermischen Eigenschaften des Schnees haben zur Folge, dass man am Boden meist um 0 °C misst, während die Schneeoberflächentemperatur häufig -25 °C erreichen kann. Daher kann sich ein Temperaturgradient von 25°C/m oder mehr ergeben, was zur Folge hat, dass sich ein Wasserdampfdruckgradient einstellt. Dieser Druckgradient lässt Wassermoleküle von unten nach oben diffundieren und die Moleküle an den kälteren Kristallen ablagern.

Diese Phase lässt die Kristalle wachsen und zunehmend kohäsionslos werden. Oberflächenreif und Schwimmschnee können entstehen, welche zu den kritischsten Schwächeschichten zählen.

2.3.4 Schmelzmetamorphose

Diese letzte Phase beginnt, sobald die Schneeoberflächentemperatur 0°C erreicht. Dabei werden die ursprünglichen Eisverbindungen zunehmend durch Wasserverbindungen ersetzt. Dies bewirkt zwei entgegengesetzte Prozesse: Die Kohäsion zwischen den Kristallen wird verringert, während Kapillarkräfte zunehmen.

Wenn die Schneedecke überall vollkommen durchnässt ist, spricht man von Isothermie. Die Schneetemperatur beträgt dann überall 0°C.

(RUDOLF-MIKLAU und SAUERMOSE, 2011, 34f)

2.4 Was ist eine Gleitschneesituation?

Vorerst ist zu klären, durch welche Faktoren und Witterungsumstände sich eine Gleitschneesituation bilden kann.

Allen schweren Gleitschnees Schäden sind drei wichtige Merkmale gemeinsam:

- I. Sie entstehen nur in schneereicheren Wintern, wenn auch eine am Boden haftende Schneedecke verhältnismäßig große Kräfte auf die ihr entgegengestellten Hindernisse überträgt;
- II. Sie kommen meistens nur dort vor, wo die Gleitschneebewegung so groß wird, dass vom Auge wahrnehmbare Rissbildungen in Zug- und Scherzonen der Schneedecke entstehen, in deren Gefolge die Geschwindigkeit der gleitenden Schneemassen mit dem Faktor 10^2 bis 10^3 ansteigt;
- III. Sie treten fast immer nur dort auf, wo eine verhältnismäßig große, bereits in starkes Gleiten geratene Schneemasse auf relativ wenige, widerstandbietende Hindernisse hohe spezifische Beanspruchungen ausübt.

(IN DER GAND H. 1968,)

Gleitschneegefährdet sind vor allem nach SW bis SO exponierte Hänge mit einer Neigung von über 30° und einer geringen Rauigkeit. Auch innerhalb von Stützverbauungen sind auf Hängen mit geringer Rauigkeit die schneemechanischen Belastungen auf Pflanzen so groß, dass diese nur mit technischen Schutzmaßnahmen aufwachsen können. Bei der Planung ist deshalb festzulegen, ob die betroffene Fläche ausschließlich von Gleitschneegefährdung oder aber auch von Lawinengefährdung betroffen ist.

(RUDOLF-MIKLAU und SAUERMOSE, 2011, 190)

3 Rahmenbedingung Wald

3.1 Allgemein

Gleitschneeschutzmaßnahmen werden beinahe ausschließlich dazu verwendet, Forstpflanzen zu schützen und dadurch einen widerstandsfähigen Schutzwald zu erzeugen. Wie bereits erwähnt, ist in vielen Gebieten eine Aufforstung ohne entsprechende Gleitschneeschutzmaßnahmen nicht möglich. Die Gleitschneeschutzmaßnahmen sollen den Forstpflanzen angepasst werden und nicht umgekehrt.



Abbildung 2:
Gleitschneeschutzböcke
innerhalb einer
Anbruchverbauung, (Gbl.
Außerfern)



Abbildung 3: Wirkungs-
weise eines Gleit-
schneebockes, (Gbl.
Außerfern)

3.2 Gebirgswald – Funktion und Zielsetzung

Während in der Vergangenheit der Gebirgswald zeitlich wechselnd für die ländliche und industrielle Rohstoffversorgung als notwendige Weidefläche, als privilegiertes Jagdvoluptoir und meist als selbstverständlich hingenommene Schutzwehr gegen Klimagefährdung von Bedeutung war, ist die moderne Industriegesellschaft infolge hoher Besiedlungsdichte durch eine immer größer werdende Natur- und Umweltabhängigkeit an vielfachen, integriert wirkenden Funktionen des Bergwaldes interessiert. Die vorrangige Zielsetzung der Forstwirtschaft gilt auch im Schutzwald: Gebot der Walderhaltung durch Verminderung aller belastenden Waldeinwirkungen (Wild, Emissionen), Minimierung aller Folgeschäden und Optimierung für die Wiederbewaldung geschädigter Wälder. Ohne Wald ist ein großer Teil der Alpen kein Dauersiedlungsraum. Die Verkehrswege wären nicht nur im Winter längere Zeit blockiert. Gigantische Summen müssten für technische Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, der Ortschaften und der Infrastruktur aufgewendet werden.

(MAYER,H., Ott,E.,1991, 5)

3.3 Waldfunktionen

Die Funktionen des Waldes sind sehr vielfältig und reichen weit über den vor allem in dieser Arbeit wichtigen Aspekt der Schutzwirkung für Infrastruktur und Siedlungen hinaus. Nachfolgend die Waldfunktionen nach MAYER, H. aufgelistet:

1. Bodenschutz

Erosion, Erdbeben, Vernässung, Uferschutz längs Gewässer, Steinschlag, Humusschwund, Bodenverwehung, Geschiebeführung,

2. Wasserhaushalt

Hochwasservorbeugung durch optimale Interzeption und Infiltration; gleichmäßige Lieferung von Wasser notwendiger Quantität und ausreichender Qualität

3. Schnee

Lawinenvorbeugung, Gleitschneeschutz, Schneeverfrachtung, Schneespeicherung und Verzögerung der Schneeschmelze

4. Klimatische Schutzwirkung

Dämpfung von Klimaextremen, Windbremsung, günstige Einwirkung auf die Volksgesundheit

5. Schutz gegen Zivilisationsgefahren

Immissionen wie Rauch, Staub, Lärm, Sicht

6. Schutz von Verkehrsanlagen

Straßen, Bahn und Infrastruktureinrichtungen, z.B. Telefonleitungen

7. Naturschutzfunktionen

Schutz spezieller Tier- und Pflanzenarten, Nationalparks, Naturschutzgebiete, Waldreservate, Erhaltung besonderer Lebensgemeinschaften

8. Sozialfunktionen

Natürlicher Erholungsraum im Sommer und Winter, unentbehrlicher naturnäherer Teil einer lebenswerten Umwelt; Voraussetzung für den Fremdenverkehr im Gebirge; Aufgaben im Dienst der Landesverteidigung

„Der steigende Tourismus in Schutzwäldern und Parks stellt einerseits ein zunehmendes Problem, andererseits eine Chance dar. Die konzentrierte Überbelastung mancher Wälder durch den menschlichen Erholungsbedarf verhindert eine harmonische Waldentwicklung. Andererseits eröffnet sich durch den „Waldtourismus“ in vielen ökonomisch schlechter entwickelten Ländern, wie zum Beispiel Nepal, eine Chance die Arbeitsplatzsituation wesentlich zu verbessern.“
(PAUDEL NAJA S., 2016, 18)

9. Landschaftsfunktionen

Ökologisch-biologische Stabilisierung der Landschaft, unentbehrliches Element der Landschaftsgliederung

10. Wirtschaftsfunktion

Rohstoffversorgung, Rohstoffreserve, Vermögensfunktion, Jagd

3.4 Aufforstung im Gebirge

Aufforstungsrichtlinien von gleichmäßigen Tieflagen-Wirtschaftswäldern dürfen nicht auf Hochlagenaufforstungen übertragen werden, da stark differenzierte Kleinstandorte und ein ungleichmäßiger Aufwuchs mit Kollektivcharakter im Gebirge dominieren. Für den Aufforstungserfolg sind unerlässlich zielorientierte Nachahmungen der natürlichen Wiederbewaldung durch Beschränkung der Aufforstung auf die weniger standortextremen Vegetationseinheiten, primäre Verdichtung und Ausweitung vorhandener Jungwuchsansätze, analoge Schaffung von Vorstoßkeilen bei fortgeschrittener Waldregenerationsphasen, Ausaperung des obersten potentiellen Waldstreifens und sorgfältige Wahl von Baumarten, Kleinstandort und Aufforstungsverfahren. Der Zeitfaktor darf nicht unterschätzt werden; 100 Jahre entscheiden erst über den Erfolg. Durch ein standörtlich differenziertes Vorgehen wird die flächige Entwicklung gleichförmiger, labiler Hochlagenbestände von großer Pflegebedürftigkeit vermieden. Ein zeitliches Stratifizieren der Aufforstung über mehrere Jahrzehnte senkt das Risiko durch klimaextreme Jahre oder durch massiven Pilzbefall und ermöglicht durch kritische Auswertung der bisherigen Erfahrung eine verbesserte Aufforstungstechnik.

(MAYER, H.; Ott, E.; 1991, 358)

Bei meinen Aufnahmetätigkeiten in den verschiedenen Gebietsbauleitungen, hat sich herauskristallisiert, dass die Rottenstruktur im Schutzwald den gewünschten Idealzustand darstellt. Darum wird nachfolgend intensiv auf dieses Thema eingegangen.

3.4.1 Beschreibung der Rottenaufforstung im Gebirge

Künstlich begründete Bestände aus Aufforstungen tendieren dazu, einstufig, gleichaltrig, gleichförmig und kurzkrönig zu werden. Solche geschlossenen Bestände sind dunkel, artenarm, fast ohne Bodenvegetation und anfällig gegenüber Schädlingen, Schneedruck und Föhn. Der naturnahe Gebirgswald ist dagegen im Idealfall rottenartig aufgebaut und hat viel inneren Waldrand mit grünen Kronen bis zum Boden. Ein derartiger Bestandsaufbau ist zweifellos der Stabilität förderlich und deshalb in Gebirgswäldern mit primärer Schutzfunktion erstrebenswert. Um dieses Ziel mit geringem Risiko zu erreichen, muss die rottenartige Textur schon frühzeitig bei der Jungwuchspflege vorgezeichnet werden oder eben schon durch rottenartige Auspflanzung.

(ZELLER, H.; 1977, 197 – 202; BARANDUN, J.; 1983, 431 – 441)

3.4.2 Aufbau, Größe und Faktoren einer Rottenaufforstung

Ein rottenartiger Bestand zeichnet sich nach Schönenberger W. durch folgende Umstände aus:

1. Mikrostandörtliches Mosaik

Im Gebirge wechselt die Standortsgunst für Forstpflanzen sehr kleinflächig, häufig in der Größenordnung von wenigen Metern. Günstige Stellen, besonders Geländeerhebungen, sollten bevorzugt, also dichter bepflanzt werden. Ungünstige Stellen wie Runsen, Mulden, Hochstauden werden überhaupt nicht bepflanzt. Diese Vorgangsweise führt automatisch zu einer Rottenstruktur.

2. Biodiversität

Eine Rottenstruktur im Gebirgswald erhöht die natürliche Vielfalt. Mehr Licht gelangt in den Bestand, das bedeutet reichere Bodenvegetation, besseren Lebensraum für Vögel, Wild und Insekten, letztlich bessere Gesundheit und Stabilität.

3. Stufiger, ungleichförmiger Aufbau

Rottenaufforstungen wachsen stufig und ungleichförmig – deshalb sind Rotten auch stabiler. Der Kronenraum ist vergrößert und reicht bis zum Boden. Die spätere Bestandsverjüngung kann deshalb mit geringerem Risiko eingeleitet werden, wiederum rottenweise, da die verbleibenden Altbäume (Rotten) standfest sind. In geschlossenen, gleichförmigen Beständen sind Verjüngungseingriffe dagegen oft sehr riskant.

4. Schneedruck

Der Schnee bleibt nicht mit voller Last auf einem geschlossenen Kronendach hängen, sondern fällt in die kleinen Lücken oder wird dort eingeweht. Die Bruchgefahr infolge von Schneedruck dürfte geringer sein. Auch der Wind kann nicht so leicht Löcher in die Bestände reißen und sie immer vergrößern, da die Bestände sowieso offener und deshalb abholziger und standfester sind.

5. Bodenentwicklung

Innerhalb der Rotten ist eine beschleunigte Boden- und Humusentwicklung zu erwarten, weil hier nicht mehr Freilandbedingungen herrschen. Dies könnte auf Standorten mit erhöhter Gefahr der Oberflächenerosion von entscheidender Bedeutung sein.

6. Außen schützt Innen

Bei Rottenverbänden schützen die randständigen Bäumchen die im Zentrum stehenden vor Wildverbiss und Fegen. Die Infektionsgefahr durch Pilze ist aufgrund der Zwischenräume vermindert.

7. Pflegebedarf

Der Pflegeaufwand wird geringer wegen der besseren Zugänglichkeit, der verminderten Vegetationskonkurrenz, der geringeren Tendenz zu Gleichförmigkeit und der Konzentration der Pflanzung auf kleineren Flächen. Pro Flächeneinheit sind nicht mehr Pflanzen nötig als bei flächigem Verband, trotz geringerem Pflanzenabstand.

8. Fachwissen

Die Aufforstung in Rotten bedingt einen gewissen Mehraufwand bei der Pflanzung und stellt höhere Anforderungen an die Führungsqualitäten des Försters. Die Standortgegebenheiten müssen besser erkundet, die Arbeiter besser instruiert, motiviert und überwacht werden.

Die Größe der Rotten richtet sich nach der zu erwartenden Baumhöhe, ist also abhängig von der Höhenlage. Der Rottendurchmesser soll eine halbe bis ganze Baumhöhe erreichen. Die Rottenform ist rundlich bis oval, mit Längsachse in Falllinie oder in der Hauptwindrichtung. In hohen Lagen ist deshalb eine Rottenbreite von 8 bis 15 m und eine Rottenlänge von 10 bis 15 m angebracht, in tieferen Lagen im Gebirgswald 5 bis 10 m mehr. Maßgebend muss immer die Zielvorstellung sein: Wie soll der Bestand in 100 Jahren strukturiert sein?

Damit die Vorteile der Rottenstruktur schon bald nach der Aussaat zum Tragen kommen und um die Pflanzenzahl trotz des engen Pflanzenverbandes in Grenzen zu halten, kann eine Rotte aus 3 bis 6 Kleinrotten aufgebaut werden, innerhalb derer die Bäumchen sehr eng, im Abstand von nur 40 bis 80 cm gepflanzt werden. In Waldgrenznähe ist ein sehr enger Verband angebracht, in tieferen Lagen darf er wegen des besseren Wachstums und Überlebens weiter sein. Der Kleinrottdurchmesser beträgt 2 bis 4 m, die Kleinrotte besteht aus 20 bis 40 Bäumchen. So erfolgt der Kronenschluss innerhalb der Kleinrotte rasch, im Laufe von wenigen Jahren, und die Vorteile der Rottenstruktur wirken sich frühzeitig aus.

Im Hinblick auf eine Überwachung des Aufforstungserfolges wäre es sinnvoll, in jeder Kleinrotte die gleiche Anzahl an Pflanzen zu verwenden.

Der Abstand zwischen den Kleinrotten kann 2 bis 3 m betragen, sodass die Kleinrotten sich in einer zweiten Phase, im Laufe von 20 bis 30 Jahren, zu den endgültigen Rotten zusammenschließen.

Der Abstand zwischen den ganzen Rotten soll im Zeitpunkt der Pflanzung mindestens der doppelten Astausladung eines ausgewachsenen Baumes entsprechen, das heißt 7 bis 10 m, damit zwischen den Rotten nie ein vollständiger Zusammenschluss erfolgt. Vorsicht ist allerdings geboten auf potentiellen Lawinenanrisshängen, wo keine großen Lücken entstehen dürfen. Immer sind die Abstände von Anfang an nach der Zielvorstellung auszurichten.

Zu klären ist noch die Baumartenwahl. Innerhalb einer Rotte soll nur eine Baumart verwendet werden, jedoch ist der Baumartenwechsel von Rotte zu Rotte erwünscht. Besonders die aufrechten Nadelholz-Baumarten (Arve, Fichte, Lärche) eignen sich für die Rottenbildung. An wenigen kritischen Stellen ohne Erosions- und Verunkrautungsgefahr können anstelle von ganzen Rotten Lücken von Rottengröße unbepflanzt bleiben. Dieser Raum ist für eine spätere Bepflanzung oder für Naturverjüngung bestimmt. An kritischen Stellen dagegen, vor allem dort wo Erosionsschutz notwendig ist, sollten auch die Zwischenräume vorerst mit strauchigen Vorbauarten (Grünerle, Legföhre, Weiden, Birke, Vogelbeere) bepflanzt werden. Dieses Verfahren ermöglicht das Entstehen von ungleichaltrigen, stufigen Beständen.

Die Anordnung der Rotten im Gelände ist ebenso von äußerster Wichtigkeit. Größe, Form und Zusammensetzung der Rotten sollen nicht schematisch, sondern variabel, dem Gelände und dem Standortmosaik angepasst, sein. Die Standortsbeurteilung ist nicht leicht, aber schon eine ziemlich grobe Beurteilung der Geländeformen hilft, schlimmste Fehler zu verhindern. Ein erstes Augenmerk muss allfälligen Einwirkungen vom Oberhang aus gelten. In der Fortsetzung von Steinschlaggrinnen, Lawinenrinnen, Wasserläufen usw. sind Aufforstungen ohne weitere Schutzmaßnahmen zu gefährdet.

Auf Hängen mit einer gewissen Reliefgliederung, ganz besonders an Schatthängen, gibt es unterschiedlichste Kleinstandorte.

Hier platziert man die Kleinrotte nach Möglichkeit um Geländevorsprünge, Baumstrünke, auf sonnigeren Flanken von Geländerippen usw., denn dort finden sich in der Regel die besten Standorte: Stellen mit leicht erhöhtem Strahlungs- und Wärmegenuss, die relativ früh schneefrei werden, mit eher lockerer und niedriger Zwergstrauchvegetation. Runsen, Mulden, Schneelöcher und vernässte Stellen bleiben unbepflanzt, denn sie sind häufig zu lange schneebedeckt, sehr schattig und kalt, zeigen Ansätze zu Vernässung, sind dicht von Hochstauden oder Gräsern besiedelt oder haben dicke Rohhumusauflagen. Hier lohnt sich eine Bepflanzung nicht, denn wegen der kurzen schneefreien Zeit, dem Wärmemangel und der Konkurrenz der spezialisierten Vegetation verlieren die Bäumchen rasch an Vitalität und fallen bald den parasitischen Pilzen zum Opfer.

Auf gleichmäßigem Gelände ohne merkbare Standortunterschiede kann man dagegen das Augenmerk ausschließlich auf eine optimale Konfiguration der Rotten richten, das heißt auf Größe und Abstände. Gerade hier besteht ohne bewusste Steuerung die Gefahr, dass gleichförmige Bestände heranwachsen.

(SCHÖNENBERGER, W. 1986)

3.5 Wechselwirkung Gleitschneemaßnahmen und Wild

Grundsätzlich stellen überhöhte Wildbestände in Wäldern weltweit ein Problem für die Forstwirtschaft dar. Verbiss und Fegeschäden schädigen die Waldverjüngung oder vernichten sie im schlimmsten Fall sogar. Insbesondere im Gebirgsraum ist infolge der Übernutzung der Waldverjüngung durch Schalenwild mit einer Beeinträchtigung der Schutzfunktion des Bergwaldes zu rechnen.

Ein zwanzigjähriges Wild-Weide Experiment der LWF (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft) aktuell bestätigt den Einfluss von Schalenwild. Dabei wurden in einem 140 Jahre alten Bergmischwald im Forstamtsbereich Ruhpolding auf 900 Metern ü. A. für Fichte, Tanne, Ahorn und Buche jeweils 3 Parzellen eingerichtet. Jede Parzelle wurde mit 200 Pflanzen pro Baumart bepflanzt und mit 3 unterschiedlichen Varianten eingezäunt. Folgende drei Zäunungsvarianten kamen zum Einsatz:

1. Kontrolle – stabiler Maschendrahtzaun mit Schutz vor Weidevieh und Wild
2. Wild – Stacheldrahtzaun mit Schutz vor Weidevieh
3. Wild/Weide – kein Zaun

Nach zwanzigjähriger Versuchsdauer war der Zustand der künstlichen Verjüngung ganz eindeutig von der Art der Zäunung bestimmt. Allerdings hatten sich die Zäunungsmaßnahmen auf die vier Baumarten völlig unterschiedlich ausgewirkt.

Während die Überlebensrate der Fichte und der Buche nicht wesentlich von der Zäunungsvariante bestimmt wurde (Fichte ca. 60%, Buche ca. 70%), war der Unterschied bei Tanne und Ahorn fatal. Die Überlebensrate bei der Tanne mit Schutz vor Wild und Weidevieh war bei ca. 90% - jedoch ohne Schutz bei 10%. Ähnlich verhielt es sich bei dem Ahorn - jedoch war der Unterschied nicht so eklatant.

(LWF AKTUELL, 2009, 16)

Dieser Versuch zeigt eindeutig den intensiven Einfluss von Wild und Weidevieh auf die Aufforstung. Sehr Vorteilhaft sind deshalb Gleitschneeschutzmaßnahmen, bei welchen der Durchzug von Wild, z.b. durch Seile, verhindert wird.

Grundsätzlich sind alle Baumaßnahmen in einer Aufforstung ein Störfaktor für das Wild. Jedoch ist die Anpassungsfähigkeit zum Beispiel von Rehwild aufgrund seiner Stellung als „Kulturfolger“ sehr hoch. Sodass einfache, sich nicht verändernde Bauwerke keinen längerfristigen Störfaktor ausüben.

Anders verhält es sich jedoch bei der Verpfählung mit Abspannung. Bei meiner intensiven Besichtigung mit Herrn DI Jörg Heumader in der Gebietsbauleitung Oberes Inntal konnte ich einige Details darüber aufzeichnen. Durch die Abspannung der unteren Pfähle auf den jeweils Vorderen, entsteht ein wirres Drahtgeflecht, welches sehr schwer zu durchqueren ist. Jegliches Schalenwild hält sich von solchen Drahtgeflechten fern und begünstigt somit die Aufforstung.

(HEUMADER, J. 2015)

3.6 Rohmaterial Holz

Allgemein besteht eine immer steigende Nachfrage nach dem Rohmaterial Holz. Dass dabei das Risiko einer irreversiblen Schädigung der Wälder steigt,

liegt auf der Hand. Jedoch kann dem mit verschiedensten Möglichkeiten entgegenwirkt werden. (Zum Beispiel durch leichtere Forstmaschinen, die die Bodenverwundung minimieren.) (EUROPEAN FOREST INSTITUTE, 1996, 145)

Als Rohmaterial für Gleitschneeschutzmaßnahmen kommen nur wenige Holzarten in Frage. Die Lärche, die in unseren Wäldern sehr verbreitet ist, ist zwar relativ dauerhaft, jedoch für Gleitschneeböcke nicht geeignet. Die Festigkeit und Witterungsbeständigkeit gewährleisten keine längere Haltbarkeit.

Die besten Erfahrungswerte wurden mit der Falschen Akazie (Robinie) erzielt. Im Holzatlas aufgezeichneten Daten der Falschen Akazie sind nachfolgend zusammengefasst:

Lat. Name: *Robinia pseudacacia*

Familie: Fabaceae

Gattung: Robinien

Vorkommen:

Ursprünglich im Südosten der USA, in Mexiko, Europa, vor allem in Ungarn und anderen Erdteilen kultiviert, vielfach verwildert, Baum des kontinentalen Klimas.

In sommergrünen Wäldern; bevorzugt lockere, mineralreiche gut durchlüftete und frische Böden, wächst aber auch auf mäßig guten, trockeneren Standorten; Anforderung an Boden und Klima sind sehr variabel; in Südosteuropa waldbildend, oft in Gärten und Parkanlagen

Allgemeine Merkmale:

Baumhöhe bis zu 25 m; Stammlänge bis zu 10 m; Stammform häufig krumm und unrund; Rinde ist netzartig, tieflängsrissig, frühzeitig dickborkig, braungrau; Splintholzfarbe ist hellgelb bis grüngelb und schmal; Kernholz ist gelbgrün bis grünbraun goldbraun nachdunkelnd; Textur ist gefladert, gestreift, grobnadelrissig, mattglänzend und dekorativ; Geruch im frischen Zustand unangenehm

Physikalische Eigenschaften:

Rohdichte(grün): 800 – 900 kg/m³;

Darrdichte: 540 – 870 kg/m³;

Mechanische Eigenschaften:

Druckfestigkeit: 62 – 81 MPa
Biegefestigkeit: 103 – 169 MPa
Zugfestigkeit II : 88 – 184 MPa
Zugfestigkeit: 4,3 MPa
Scherfestigkeit: 11 – 16 MPa
Härte: 28 – 47 MPa
E – Modul: 9000 – 13600 MPa

Bearbeitung:

Mechanische Bearbeitung gut bis mäßig gut; ausgezeichnet drechselbar, schnitzbar; zum Nageln und Schrauben Vorbohren erforderlich, die Trocknung ist mäßig gut und langsam; Neigung zum Werfen und Reißen; Holz biologisch wirksam – d.h. Schleimhautreizung und Dermatitis

Holzfehler:

Krümmungen, Unrundheit, Hohlkehligkeit, Zwiesel, Drehwuchs, Mondringe, Holz- und Rindenverletzungen, Weißfäule, Fraßgänge

Dauerhaftigkeit:

Sehr dauerhaft, auch im Wasser; im allgemeinen pilz- und insektenfest

Holzschädlinge:

Pilze (Fomes rimosus Cooke, Fomes fraxineus Cooke, Polyporus sulphureus Fr., Phellinus contiguus B. & G.)

Verwendung:

Furnierholz - nur hervorragende Stücke als Messerholz für Deckfurniere, Konstruktionsholz für starke Beanspruchung im Berg-, Erd-, Wasser- und Mühlenbau, etc. die Robinie ist eines der zähesten Hölzer. (WAGENFÜHR, R., SCHEIBER, C., 1985, 422ff)

3.7 Steinschlag

Steinschlagschutz ist in Bergwäldern eine der Hauptfunktionen eines funktionierenden Schutzwaldes. Dazu ist es wichtig, dass vor allem Baumarten, die eine starke Verletzung der Borke möglichst schadlos überleben können, zum Einsatz kommen und gefördert werden.

Gleitschneeschutzmaßnahmen können keine Steinschlagschutzfunktion übernehmen. Bei einer Kollision bricht die Konstruktion – wodurch die Maßnahme seine Gleitschneeschutzfunktion vermindert. In Gebieten mit erhöhtem Steinschlag ist zusätzlich ein Steinschlagschutz anzubringen.

3.8 Holzschutz

1.3.1. Konstruktiver Holzschutz

Mit Hilfe einer guten konstruktiven Detailausbildung kann zumindest die Lebensdauer derjenigen Holzbauteile maßgebend verbessert werden, die nicht im Erdkontakt stehen. Solche Maßnahmen sollen in erster Linie das Eindringen und Stagnieren von Niederschlagswasser im Holz vermindern und/oder die Trocknung fördern. Es soll darauf geachtet werden, dass das Wasser stets möglichst gut ablaufen kann. Daher ist bei einer Stützverbauung aus Holz ein Rechenrost einem Brückenrost vorzuziehen. Entsprechende Maßnahmen sind beispielsweise:

- Abdecken horizontal liegender Hölzer und nach oben gerichtete Stirnflächen
- Abtropfen konstruktiv erleichtern, z.B. durch Tropfkanten
- Möglichst schlanke Hölzer bevorzugen – geringere Trocknungszeit
- Vermeidung größerer Kontaktflächen zwischen verschiedenen Teilen

1.3.2. Chemischer Holzschutz

Ist eine längere Standdauer als 10 Jahre erforderlich, müssen die jeweiligen Holzarten mittels Imprägnierverfahren mit wirksamen Holzschutzmitteln behandelt werden. Es empfiehlt sich, salzhaltige oder organische Schutzmittel mit geringem Festkörpergehalt zu verwenden, die gleichzeitig eine Wirkung gegen Moderfäule aufweisen.

(WSL, BUWAL, 1990, Kapitel III)

3.9 Schadbilder



Abbildung 5:

Schaddruckbild an einer ca. 12-jährigen Fichte. Die enormen Kräfte führen zu einem Aufspalten des Stammes, was dessen Absterben zur Folge hat. (Gbl. Bludenz)



Abbildung 4:

Sägerwuchs mit aufgespaltenem Stammfuß. (Gbl. Bludenz)



Abbildung 6: Umgedrückte Jungpflanze. Ohne Gleitschneeschutz wird die Jungpflanze durch Schneegleiten stark beeinträchtigt. Solange das Stämmchen flexibel genug ist - bis ca. $d = 4\text{ cm}$ - richtet es sich nach der Ausaperung wieder auf. Später kommt es jedoch zum Bruch.

4 Lastfall Gleitschnee

4.1 Allgemein

Die Lastbildung in einer Gleitschneesituation unterliegt mehreren Komponenten, die wiederum von vielen Faktoren beeinflusst werden. Die statische Berechnung von Gleitschneeschutzmaßnahmen ist in der Praxis nicht üblich, sondern basiert auf Erfahrungswerten. Ein Schwerpunkt dieser Arbeit soll die Lastbildung und Berechnung dieser Maßnahmen sein.

4.2 Schneedruckkomponenten

Der Schneedruck, in der lotrechten Ebene durch die Falllinie wirkend, setzt sich im Allgemeinen zusammen aus dem Druck, hervorgerufen durch eine lokale Abbremsung der Kriechbewegung, und der Gleitbewegung. Nachfolgend der auf Gleitschneeschutzmaßnahmen wirkende Druck, aufgeteilt in zwei Komponenten.

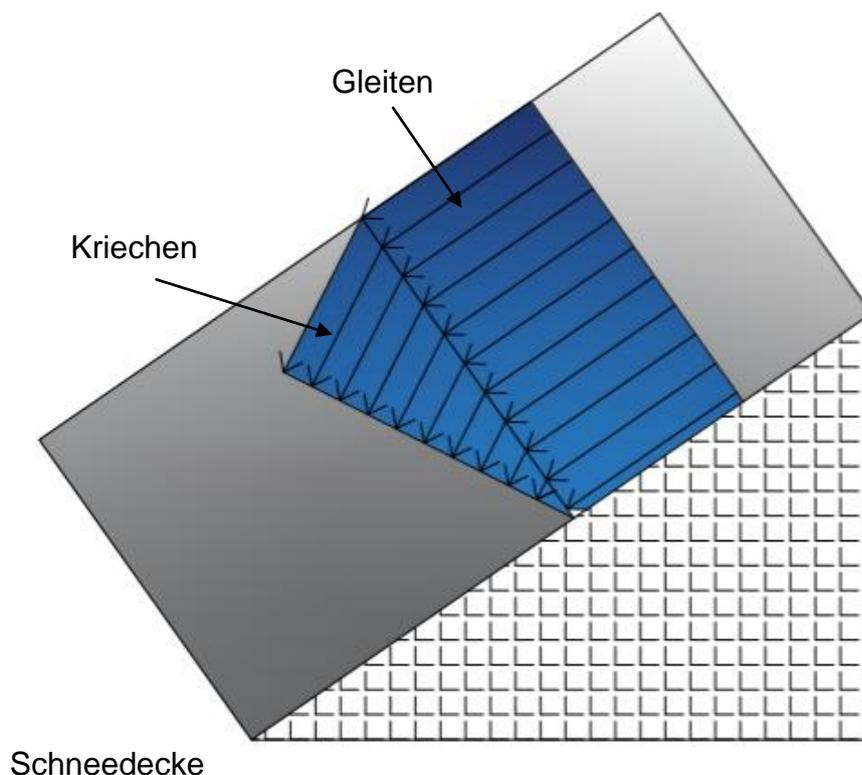


Abbildung 7:
Kriechen und Gleiten in
der Schneedecke,
(Nachgezeichnet Weis-
sensteiner aus Suda, J.,
Rudolf-Miklau, F. 2012,
41)

4.2.1 Hangparallele Schneedruckkomponente

Die hangparallele Komponente des Kriech- und Gleitdruckes auf eine starre, senkrecht zum Hang stehende und in der Niveaulinie unendlich lange Stützfläche beträgt

$$S'_N = \rho * g * \frac{H^2}{2} * K * N \quad \left[\frac{kN}{m'} \right]$$

S'_N Hangparallele Schneedruckkomponente pro Längeneinheit der Stützfläche [kN/m']

ρ Mittlere Dichte der Schneedecke (abhängig von der Höhenlage und der Hangexposition) [t/m³]

g Erdbeschleunigung 10 m/s²

H Lotrecht gemessene Schneehöhe [m]

K Kriechfaktor (abhängig von der Hangneigung φ und von der Dichte ρ gemäß untenstehender Tabelle)

N Gleitfaktor (siehe untenstehender Tabelle)

Die gegebenen Zahlenwerte, multipliziert mit $2 * \sin\varphi * \cos\varphi$, ergeben angenähert die den Dichten zugeordneten K-Werte.

ρ [t/m ³]	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$K/\sin 2\varphi$	0.7	0.76	0.83	0.92	1.05

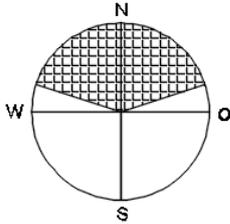
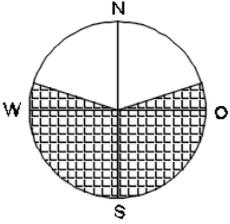
Bodenklassen	Gleitfaktor N	
	Exposition  WNW – N – ENE	Exposition  ENE – S – WNW
<p>Kl. 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grober Blockschutz ($d^* > 30$ cm) - Von kleineren und größeren Felsblöcken stark durchsetztes Gelände. 	1,2	1,3
<p>Kl. 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mit größerem Erlengebüsch oder mindestens 1m hohen Legföhren überwachsene Flächen. - Stark ausgebildete, von Grasnarbe und Kleinsträuchern überwachsene Höcker (Höhe der Höcker über 50 cm) - Grobes Geröll ($d^* \text{ca. } 10 - 30$ cm). 	1,6	1,8
<p>Kl. 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kurzhalmige Grasnarbe, von Kleinsträuchern durchsetzt (Erika, Alpenrosen, Heidelbeeren, Erlengebüsch, Legföhren von unter ca. 1 m Höhe). - Feines Geröll ($d^* < 10$ cm) abwechselnd mit Grasnarbe und Kleinsträuchern. - Schwach ausgebildete, von Grasnarbe und Kleinsträuchern überwachsene Höcker von bis zu 50cm Höhe, auch abwechselnd mit glatter Grasnarbe und Kleinsträuchern. - Grasnarbe mit schwach ausgebildeten Kuhtritten. 	2,0	3,2
<p>Kl. 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Glatte, langhalmige, geschlossene Grasnarbe. - Glatte, anstehende Felsplatten mit hangparalleler Schichtung. - Glatter, mit Erde vermischter Hangschutt. - Sumpfige Mulden. 	2,6	3,2
<p>d^* ist diejenige Blockgröße, welche für die Rauigkeit der Bodenoberfläche maßgebend ist.</p>		

Tabelle 1: Bodenklassen und Gleitfaktoren (WSL, BUWAL, 1990, Kapitel I)

4.2.2 Hangsenkrechte Schneedruckkomponente

Die hangsenkrechte Schneedruckkomponente auf eine starre, senkrecht zum Hang stehende Stützfläche tritt auf, wenn die Setzungsbewegung an derselben verhindert ist. Sie berechnet sich folgendermaßen:

$$S'_Q = S'_N * \frac{a}{N * tg\varphi} \quad \left[\frac{kN}{m'} \right]$$

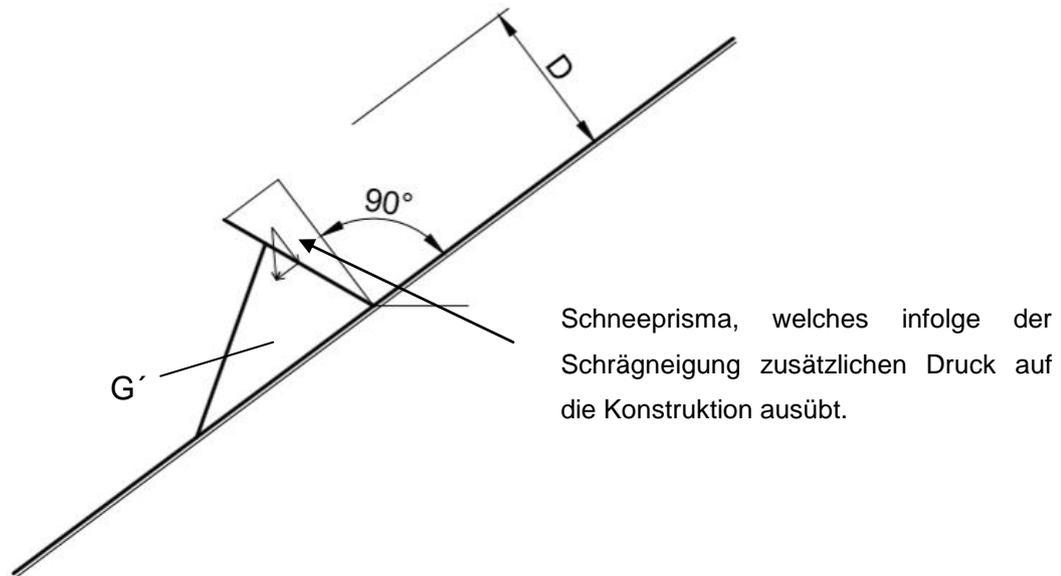
- S'_Q Hangsenkrechte Schneedruckkomponente pro Längeneinheit der Stützfläche (wird als gleichmäßig über die Höhe verteilt angenommen)
- ε Winkel, den die Resultierende des Schneedruckes aus S'_N und S'_Q (vektorielle Addition) mit der Hangparallelen bildet
- a Verhältniszahl, abhängig von der Schneeart (kann im Bereich von 0.2 bis 0.5 variieren)

4.2.3 Zuschlag bei nicht hangsenkrechter Stützfläche

Wenn die Stützfläche nicht senkrecht zum Hang steht, muss außer den Komponenten S'_N und S'_Q zusätzlich noch das Gewicht G' eines durch die Stützfläche und eine hangsenkrechte Ebene begrenzten Schneep Prismas berücksichtigt werden. Bei talwärtiger Neigung der Stützfläche gegen die Hangsenkrechte geht diese Ebene durch die Schnittlinie der Stützfläche mit der Bodenoberfläche, andernfalls – bei bergwärtiger Neigung – durch die Stützflächenoberkante. Für eine ebene Stützfläche gilt:

$$G' = \rho * g * \frac{D^2}{2} * tg \delta \quad [kN/m']$$

- G' Gewicht des Schneep Prismas pro Längeneinheit, lotrecht wirkend
- D Schneemächtigkeit, senkrecht zum Hang gemessen
- δ Winkel zwischen Stützfläche und Hangsenkrechten
- G'_N Hangsenkrechte Komponente von G'
- G'_Q Hangparallele Komponente von G'
- ρ Mittlere Dichte der Schneedecke

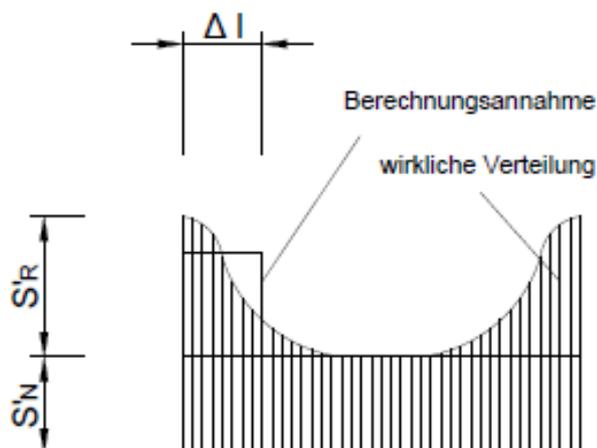


Skizze 1: Zuschlag zum Schneedruck bei nicht hangsenkrechter Stützfläche (WSL, BUWAL, 1990, Kapitel II)

4.2.4 Randkräfte

Ist die Ausdehnung der Stützfläche in der Niveaulinie begrenzt, treten zusätzliche Randkräfte auf, da der Schnee die Fläche seitlich umfließen kann und sich dabei die Stauwirkung auch nach der Seite auswirkt. Diese sind abhängig von allen Faktoren, die den Schneedruck am unendlich langen Werk bestimmen, ferner von den Abmessungen, Form und Oberflächenrauigkeiten des Rostes und in erhöhtem Maße vom Gleitfaktor. Die grundsätzliche Verteilung der Schneedrücke geht aus untenstehender Grafik hervor. Für die praktische Berechnung wird einfachheitshalber eine den Randkräften äquivalente, konstante Laufmeterlast S'_R mit der Angriffslänge Δl angenommen.

(WSL, BUWAL, 1990, Kapitel II)



Skizze 2: Schneedruckverteilung in den Randbereichen (WSL, BUWAL, 1990, Kapitel II)

5 Schutzsysteme und Bautypen

5.1 Allgemein

Die verschiedensten Bautypen finden im Gleitschneeschutz und Lawinenanbruchschutz Verwendung. Vielen geht eine langjährige Entwicklung und Modifizierung voraus. Während der Hauptteil der Bautypen aus Robinie und imprägniertem Holz besteht, sind auch einige Maßnahmen aus Stahl am Markt.

5.2 Schutzsysteme und Bautypen im Überblick

Ein Überblick über Lage, Wirkung, Schutzziel und maßgebliche Einwirkung wird in nachfolgender Tabelle gegeben.

Maßnahme	Lage	Wirkung	Schutzziel	maßgebliche Einwirkung
Anbruchverbauung	im Anbruchgebiet	Abstützung der Schneedecke gegen Lawinenanbrüche	Schutz von Siedlungsraum und Infrastruktur	hangparalleler Schneedruck bei extremer Schneehöhe
Verwehungsverbauung	Außerhalb des Anbruchgebiets, im Nährgebiet	Ablagerung von Trieb Schnee außerhalb vom Anbruchgebiet, extreme Schneeweichten verhindern	Entlastung von Anbruchgebieten	Windlasten, extreme Schneehöhen,
Technischer Gleitschneeschutz	im Anbruchgebiet	Einschränken des Schneegleitens und Schneekriechens, beschränkte Abstützung der Schneedecke	Schutz von Auf forstungen gegen schneemechanische Schäden, Reduktion des hangparallelen Schneedrucks	hangparalleler Schneedruck, erforderliche Wirkhöhe

Ein wesentlicher Punkt dieser Arbeit ist anzuführen, welche Gleitschneeschutzmaßnahmen in ganz Österreich angewendet werden. Viele Gebietsbauleitungen und Sektionen passen die Maßnahmen individuell an ihre Region an – was unumgänglich ist. Negativ aufgefallen ist mir jedoch, dass der Austausch zwischen einzelnen Sektionen und auch Gebietsbauleitungen oft sehr spärlich ist. Es ließe sich viel Entwicklungsarbeit ersparen, wenn das gesammelte Know-how an die Kollegen weitergegeben wird. Es ist, aufgrund der Vielfältigkeit, sehr schwierig eine vollständige Auflistung aller Bautypen zu erstellen aber die Grundformen aller Bautypen sind in dieser Arbeit sicher enthalten.

Nachfolgend alle Bautypen die in dieser Arbeit behandelt werden. Die Gliederung erfolgt nach Verfügbarkeit der Daten und Häufigkeit der Anwendung:

1. Gleitschneeschutzbock D 0,8
2. Gleitschneeschutzbock D 1,5
3. Doppelgleitschneeschutzbock
4. Rundhölzer mit Seilanker
5. Erdterrassen / bewehrte Erde
6. AGS – Aufforstungsschutz und Gleitschneesicherungssystem
7. Sonstige Bautypen
 - a. Gleitschneeschutzbock Reutte
 - b. Druckhügel
 - c. Verpfählung mit/ohne Abspannung
 - d. Hängebauwerke
 - e. Pflugbermen

1. Bautypen in Österreich

6.1 Gleitschneeschutzbock $D = 0,8$

Beschreibung

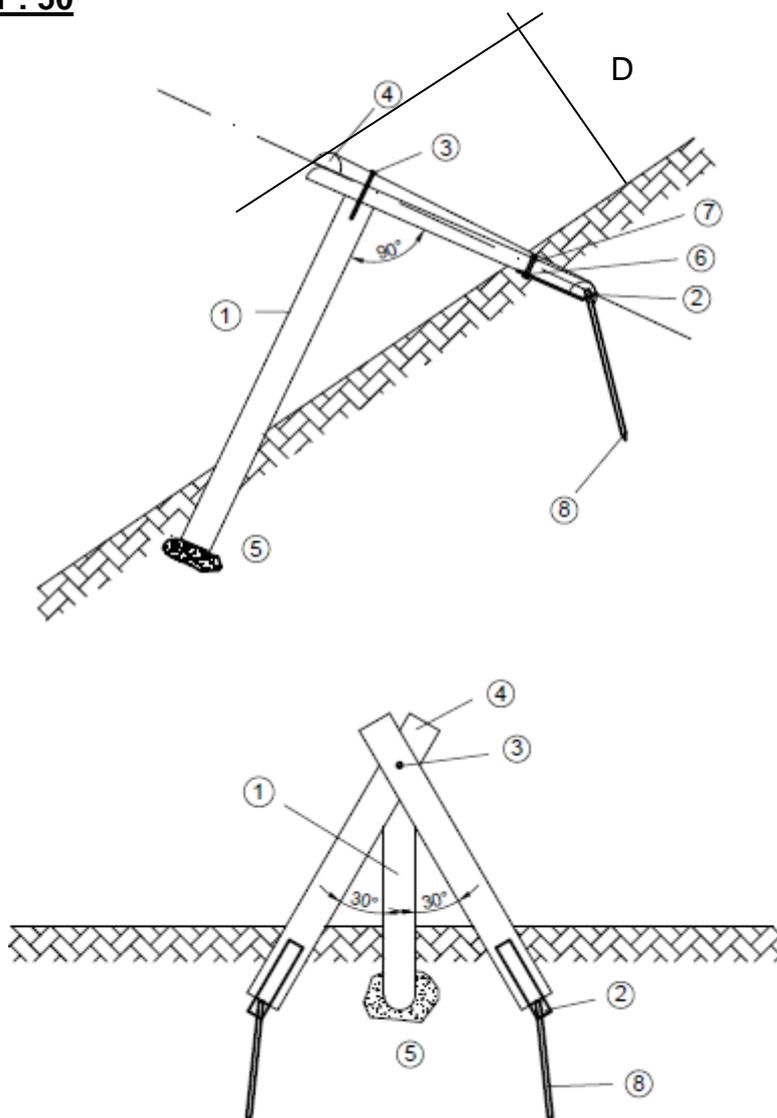
Dieser Bautyp ist die einfachste Variante des Dreibeinbockes und zeichnet sich durch einfache Montage, geringe benötigte Arbeitszeit und einem geringen finanziellen Aufwand aus. Es werden keine Bedielungshölzer angebracht und die Fundierung ist einfach mit Stahlnägeln und Stein. Die Wirkhöhe D beträgt 0,8 m.



Abbildung 8:
Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$ innerhalb einer kombinierten Stützverbauung in der Gbl. Bludenz
(Weissensteiner 2015)



Abbildung 9:
Versagen eines Gleitschneeschutzbock durch Bruch und Ankerversagen.
(Gbl. Bludenz)

Skizze**M 1 : 50**

Skizze 3:

Aufriss Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$

(gezeichnet Weissensteiner nach Bautyp der Gbl. Bludenz)

Skizze 4: Frontalansicht
Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$

(gezeichnet Weissensteiner nach Bautyp der Gbl. Bludenz)

- | | |
|---|---|
| 1 | – Rundholz $D = 15/17$ cm; $L = 220$ cm |
| 2 | – Stahllasche |
| 3 | – Nagel $L = 30$ cm |
| 4 | – Halbrundholz $D = 18/20$ cm; $L = 180$ cm |
| 5 | – Stein |
| 6 | – HB Holzverbinder |
| 7 | – Schraube $D = 16$ mm |
| 8 | – Stahl $D = 24-26$ mm; $L = 90-120$ cm |

Einsatzbereich

Der einfache Dreibeinbock wird vorwiegend im Bereich von Stützverbauungen als Aufforstungshilfe eingesetzt. Die geringe Dimensionierung und Fundierung lassen diesen Bautyp als alleinige Maßnahme als unzureichend hervortreten. Angeordnet wird der Dreibeinbock gruppenweise, der Aufforstung entsprechend. Bewährt hat sich die gruppenweise Montage von ca. 10 Böcken, welche in einer engen Gruppe mit einem Abstand innerhalb der Böcke von max. 1,5 m eingebaut werden können. Dies entspricht dem Prinzip der Rottenstruktur des Waldes im subalpinen Bereich, und eine Gruppe von Böcken kann mit ca. 30 – 50 Pflanzen bepflanzt werden.

(RUDOLF-MIKLAU und SAUERMOSE, 2011, 194)

Wirkungsweise

Der Dreibeinbock stellt eine punktuelle Fixierung der Schneedecke dar. Gleiten und Kriechen sollen in den Mikrostandorten dadurch auf ein von den Forstpflanzen erträgliches Maß reduziert werden. Die Wirkhöhe des Dreibeinbockes beträgt 0,8 m.

Als Erfahrungswert wird die maximale Hangneigung mit 35° (in Ausnahmefällen 45°) beziffert. Dieser Wert wird stark von den zu erwartenden Schneehöhen und der zu verbauenden Fläche bestimmt. Eine Überschreitung dieser Hangneigung wirkt sich negativ auf die angenommene Wirkhöhe aus.

Materialliste

Anzahl	Position	Dimension [cm]
1	Rundholz	D*L = 16-18 * 220
2	Halbrundhölzer	D*L = 18-20 * 180
1	Unterlagsstein	-
2	Stahlverankerungsstäbe	D*L = 2,4-2,6 * 90-120
2	Stahllaschen	B*H*L = 7*0,6*50
1	Nagel	L = 30
3	Stahlbänder	B*S = 2*0,1
2	Schrauben mit Holzverbinder	D = 1,6

D = Durchmesser, L = Länge, B = Breite, S = Stärke, H = Höhe

Tabelle 2: Materialliste Gleitschneeschutzbock D = 0.8

Bau und Montage

Die vorgebohrten und abgelängten Steher, Stützen und das sonstige Material werden auf einem mit einem LKW erreichbaren Lagerplatz angeliefert. Vor Ort werden Ankerlaschen montiert, Holzverbinder und Stahlbänder eingeschlagen und 10 Gleitschneesutzböcke für einen Transportflug gebündelt. Nach Anlieferung mit dem Hubschrauber werden 3 Ankerlöcher je Bock ausgehoben, die Steher und Stützen eingesetzt und mit Stahlnägeln verbunden. Je nach Boden und Transportverhältnissen werden 3 h Montagezeit pro Bock benötigt.



Abbildung 10:
Zum Transport gebündelte
Gleitschneesutzböcke
(Gbl. Bludenz)

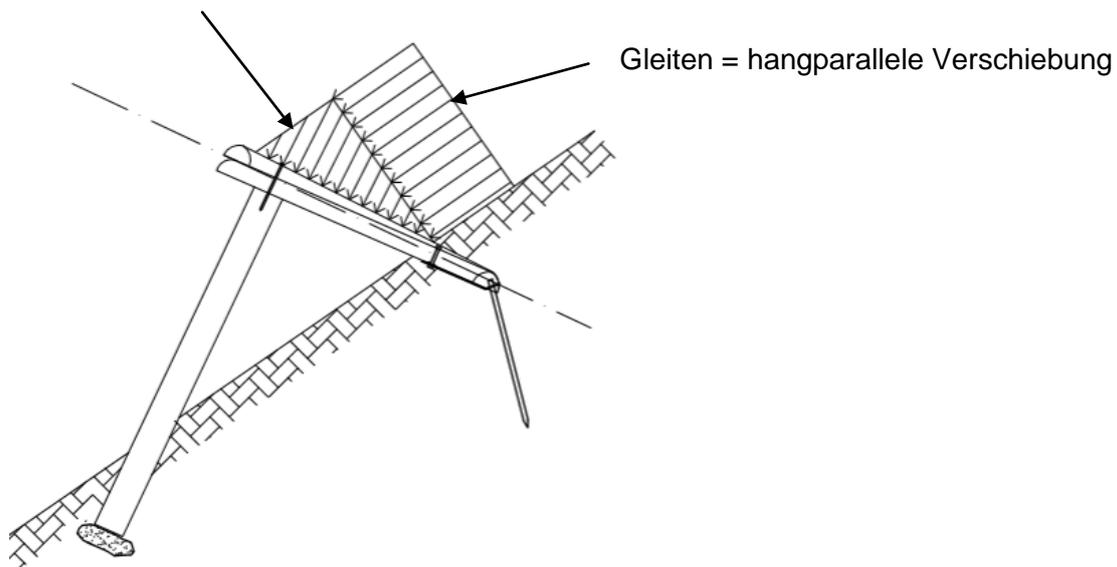


Abbildung 11:
Ankerung der Stützen mittels
Presslufthammer und einem
speziellen Aufsatz.
(Gbl. Bludenz)

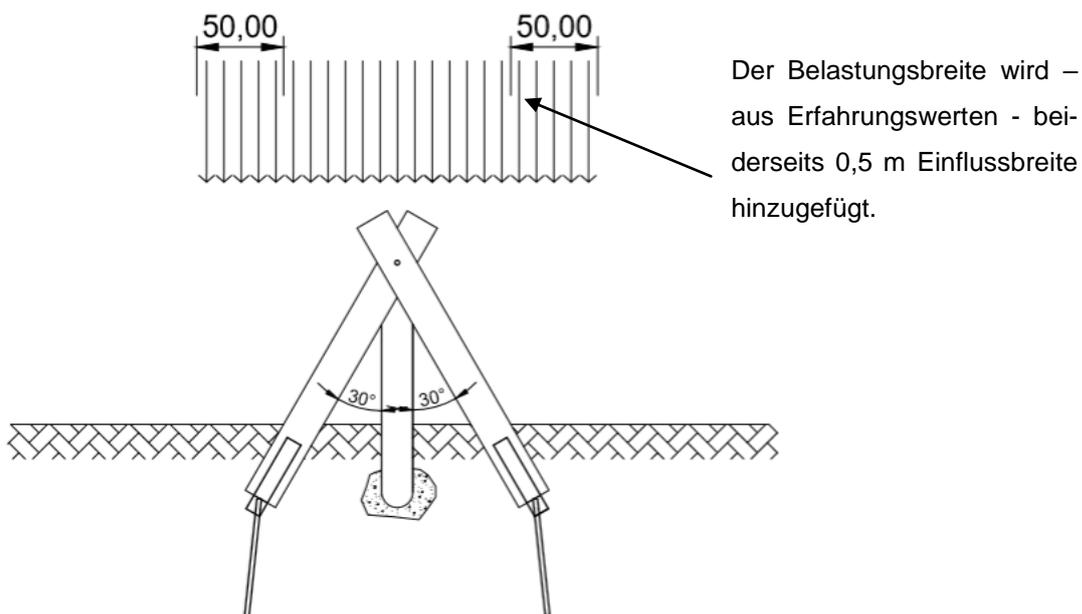
Statische Berechnung

Das Belastungsschema auf den Gleitschneeschutzbock wird folgendermaßen angenommen:

Kriechen = hangparallele Verschiebung
und hangsenkrechte Komponente

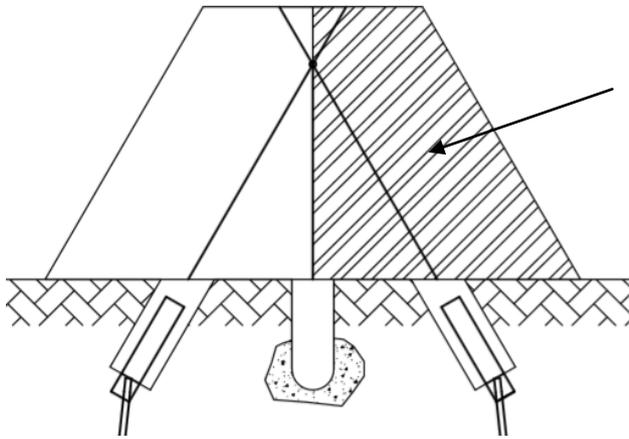


Skizze 5: Kriech- und Gleitbelastung auf einen Gleitschneeschutzbock



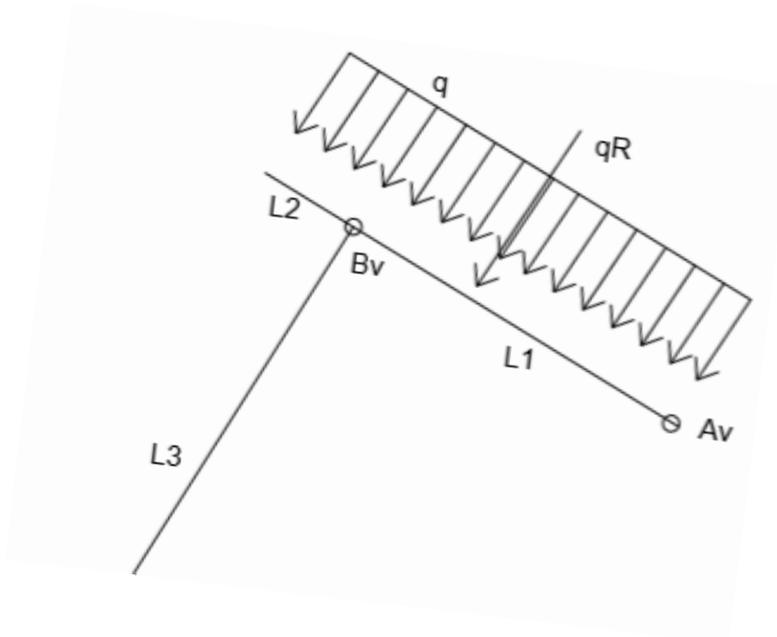
Skizze 6: Belastungsbreite auf Gleitschneeschutzbock

Lasteinflussfläche und idealisiertes System:



Die angenommene Einflussfläche für eine Stütze beträgt 1m^2 . Ca. 30% der rechteckigen Einflussgrundfläche ist Aufgrund der Geometrie nicht in die Berechnung mit einzubeziehen.

Skizze 7: Lasteinflussfläche auf Gleitschneeschutzbock



Weder bei den Stützen, noch beim Steher wird eine Einspannung angenommen, sondern eine gelenkige Lagerung.

Skizze 8: Idealisiertes statisches System eines Gleitschneeschutzbockes $D = 0.8$

Alle nachfolgenden Berechnungen basieren auf Werten und Unterlagen aus dem „Handbuch Technischer Lawinenschutz“ (Rudolf-Miklau, Sauermoser), dem „Holzhandbuch“ (Ulf Lohmann) und Unterlagen des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau (9. Auflage Konstruktion Stabtragwerke). Die Bemessung wurde gemäß EC 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) bzw. EC 5 (Bemessung und Konstruktion von Holzbauten) durchgeführt.

Rahmenbedingungen:

$\rho_S := 600 \frac{kg}{m^3}$	maßgebende Annahme: stark verfestigter Schnee
$\rho_H := 900 \frac{kg}{m^3}$	Rohdichte von Robinienholz
$\gamma_g := 1.35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten
$\gamma_m := 1.30$	Teilsicherheitsbeiwert für Vollholz
$\alpha := 45^\circ$	Neigungsannahme für das Verbauungsgelände
$\varphi := 1 \quad \phi := 0.7$	$\tan(45^\circ)$ und $\cos(45^\circ)$ – Hangneigung
$N := 3.2$	Faktor für glatte Südhänge – Verbauungsmaßnahmen werden zumeist an diesen Hängen nötig sein.
$K := 1.05$	Kriechfaktor – unter Annahme von 45° Hangneigung und einer Schneedichte von 600 kg/m^3
$H := 1.18 \text{ m}$	Annahme: Schneemächtigkeit = hangnormale Werkshöhe
$H^2 := H^2 \rightarrow 1.3924 \cdot m^2$	
$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
$a := 0.4$	Stoffgröße, die von der Querszahl m der Schneeart bei einaxialem Druck abhängt. Lt. Schweizer Richtlinien wird, je nach Kompression ein Wert zwischen 0,35 und 0,5 angenommen.
$D_K := 0.8 \text{ m}$	Wirksame Höhe des Gleitschneeschutzbock – $H \cdot \cos(45)$
$\delta := 0.58$	$\tan(30^\circ)$ – zusätzliche Neigung zu der angenommenen hangnormalen Stützfläche
$B_{\text{Einfl.}} := 2.31 \text{ m}$	Einflussbreite des Bauwerkes

Geometrie:

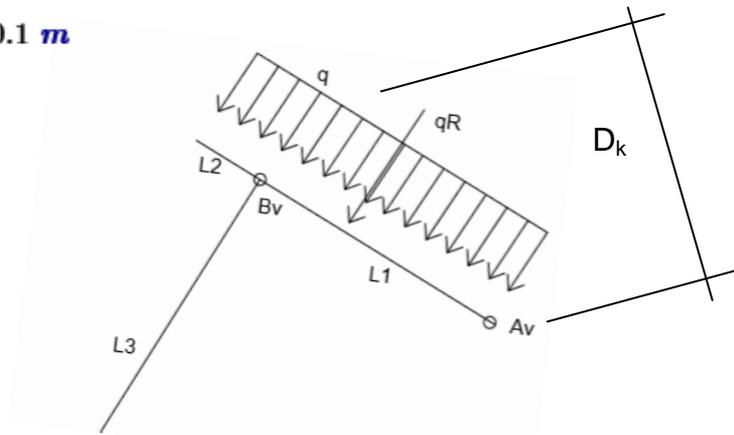
$$l_1 := 1.08 \text{ m}$$

$$d_{\text{Stütz}} := 0.1 \text{ m}$$

$$l_3 := 1.58 \text{ m}$$

$$l_2 := 0.29 \text{ m}$$

$$d_{\text{Stütz}} := 0.1 \text{ m}$$



$$l_R := \frac{(l_1 + l_2)}{2} \quad l_R = 0.685 \text{ m}$$

Angriffspunkt der Resultierenden

$$A_S := 0.05 \text{ m}^2 \cdot \pi$$

$$A_S = 0.157 \text{ m}^2$$

Querschnitt der Stütze

$$A_{\text{St.}} := 0.05 \text{ m}^2 \cdot \pi$$

$$A_{\text{St.}} = 0.157 \text{ m}^2$$

Querschnitt des Stehers

Belastung:

$$S_N := \rho_S \cdot g \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N$$

$$S_N = 13.769 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangparalleler Schneedruck

$$S_Q := S_N \cdot \left(\frac{a}{N \cdot \varphi} \right)$$

$$S_Q = 1.721 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangsenkrechter Schneedruck

$$G := \rho_S \cdot g \cdot D_K^2 \cdot \delta$$

$$G = 2.185 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zuschlag bei nicht hangnormaler Stützfläche

$$q_R := \sqrt{(S_N + G)^2 + (S_Q + G)^2}$$

$$q_R = 16.425 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultierende Schneedruckkraft pro Längeneinheit der Stützfläche –in Richtung der Niveaulinie

$$q_{Stütz} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot 2.31 \text{ m}) \cdot 0.7}{2} \right)}{1.37 \text{ m}}$$

Einfluss auf Stütze – abzüglich 30% der fehlenden Rechtecksfläche

$$q_{Stütz} = 9.693 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultierende Kraft auf die schräge Stütze

$$q_{Steh.} := (q_R \cdot 2.31 \text{ m}) \cdot 0.7$$

Einfluss auf Steher – abzüglich 30% der fehlenden Rechtecksfläche

$$q_{Steh.} = 26.559 \text{ kN}$$

Wirkende Kraft auf den Steher

Materialkennwerte:

$$f_{mk} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegefestigkeit

$$f_{t.0k} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zugfestigkeit II zur Faser

$$f_{c.0k} := 72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Druckfestigkeit II zur Faser

$$f_{v.k} := 6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schub- und Torsionsfestigkeit

$$E_{mean} := 115000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mittlerer E-Modul

Lasteinwirkungsdauer KLED: lang - Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung

Nutzungsklasse NKL: 3 - frei der Witterung ausgesetzt

$$k_{mod.Faktor} := 0.55$$

$$f_{m.d} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{m.d} = 57.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{t.0d} := \frac{(f_{t.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{t.0d} = 57.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c.0d} := \frac{(f_{c.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{c.0d} = 30.462 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v.d} := \frac{(f_{v.k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{v.d} = 2.538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Berechnung der Schnittkräfte:

$$R := q_{Stütz} \cdot (l_1 + l_2) \quad R = 13.279 \text{ kN} \quad \text{Resultierende der Linienlast}$$

$$M_{Feld} := \frac{(q_{Stütz} \cdot l_1^2)}{24} \quad M_{Feld} = 0.471 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{maßgebendes Moment}$$

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{Stütz} \cdot l_2^2)}{2} \quad M_{Stütz} = 0.408 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Stützmoment}$$

$$B_v := \frac{R \cdot l_R}{l_1} \quad B_v = 8.423 \text{ kN} \quad \text{Auflagerkraft auf Steher}$$

$$A_v := R - B_v \quad A_v = 4.857 \text{ kN} \quad \text{Auflagerkraft auf Fundament}$$

$$F_v := A_v + B_v - R \quad F_v = 0 \text{ kN} \quad \text{Kontrolle}$$

Bemessung der Stützen:

$$V_{sd} := q_{Stütz} = 9.693 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{maßgebende Querkraft}$$

$$M_{sd} := M_{Feld} = 0.471 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{maßgebendes Moment}$$

$$N_{sd} := B_v = 8.423 \text{ kN} \quad \text{Belastung des Stehers}$$

Das Eigengewicht wird aufgrund dessen geringen Einfluss nicht in die Berechnung mit einbezogen.

Biegenachweis:

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Stütz}^3)}{32} \quad W = (9.817 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W} \quad \sigma_{md} = (4.798 \cdot 10^3) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.083 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$\tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_g} \right) \quad \tau_d = 82.277 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.032 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Normalkraftnachweis Steher:

$$\sigma_{cd} := \frac{N_{sd}}{A_{St.}} \quad \sigma_{cd} = 53.62 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{f_{c,0d}} = 0.002 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Maßnahmen, die aus Robinienholz bestehen, wird auf 30 – 50 Jahre geschätzt. Zu diesem Zeitpunkt sollte die Aufforstung das kritische Stadium, in dem Gleitschnees Schäden entstehen können, bereits überschritten haben.

Erhaltung

Die Gleitschneeböcke sind weitgehend wartungsfrei. Jedoch weisen alle natürlichen Materialien individuelle Qualitätsunterschiede auf, die deren Stabilität beeinflussen. Unvorhergesehene Ereignisse wie Steinschlag oder Fallholz können zu zusätzlichen Schäden führen. Eine jährliche Kontrolle um Einzelversagen zu beheben ist Voraussetzung um größere Schäden zu vermeiden. (LEUENBERGER, F. 1989, 81)

Kosten

In einem Projekt der Gebietsbauleitung Bludenz wurden Gleitschnees Schutzböcke dieser Art im Ausmaß von 900 Stück errichtet. Der finanzielle Aufwand ist sehr stark von den Bodenverhältnissen und Transportwegen abhängig. Als repräsentativer Wert können 200€/Stk. angenommen werden. Eine gesammelte Kostenaufstellung ist in der Tabelle 4 aufgelistet.

6.2 Gleitschneeschutzbock D = 1,5

Beschreibung

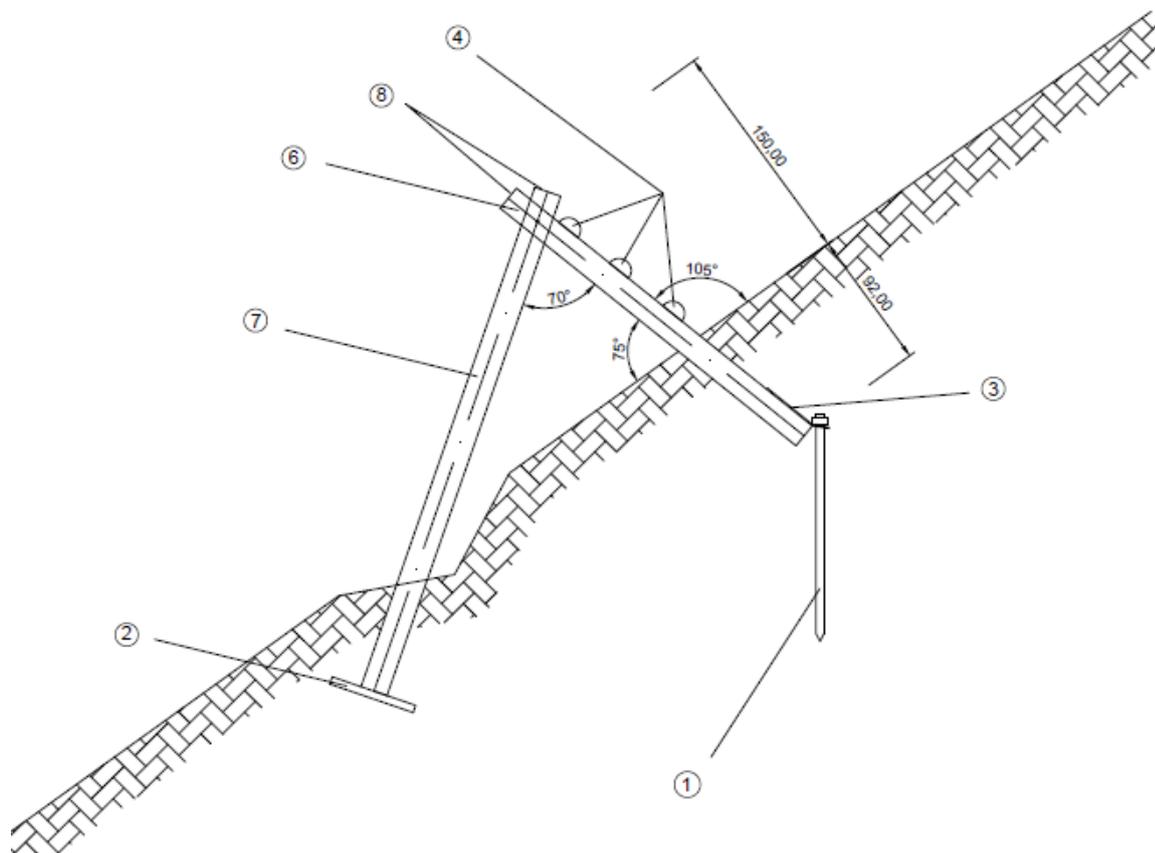
Dieser rasterartig angeordnete Bautyp wird als Gleitschneeschutz in der Gebietsbau-
leitung Bludenz, Sektion Vorarlberg, angewendet. Die gute Fundierung und stabile
Bauweise lassen eine Wirkhöhe von 1,5 m zu. Dadurch kann diese Bauweise sekun-
där auch als Lawinenanbruchschutz verwendet werden.



Abbildung 13:
Gleitschneeschutzbock D =
1.5 mit dreifacher Bedielung
(Weissensteiner 2015)

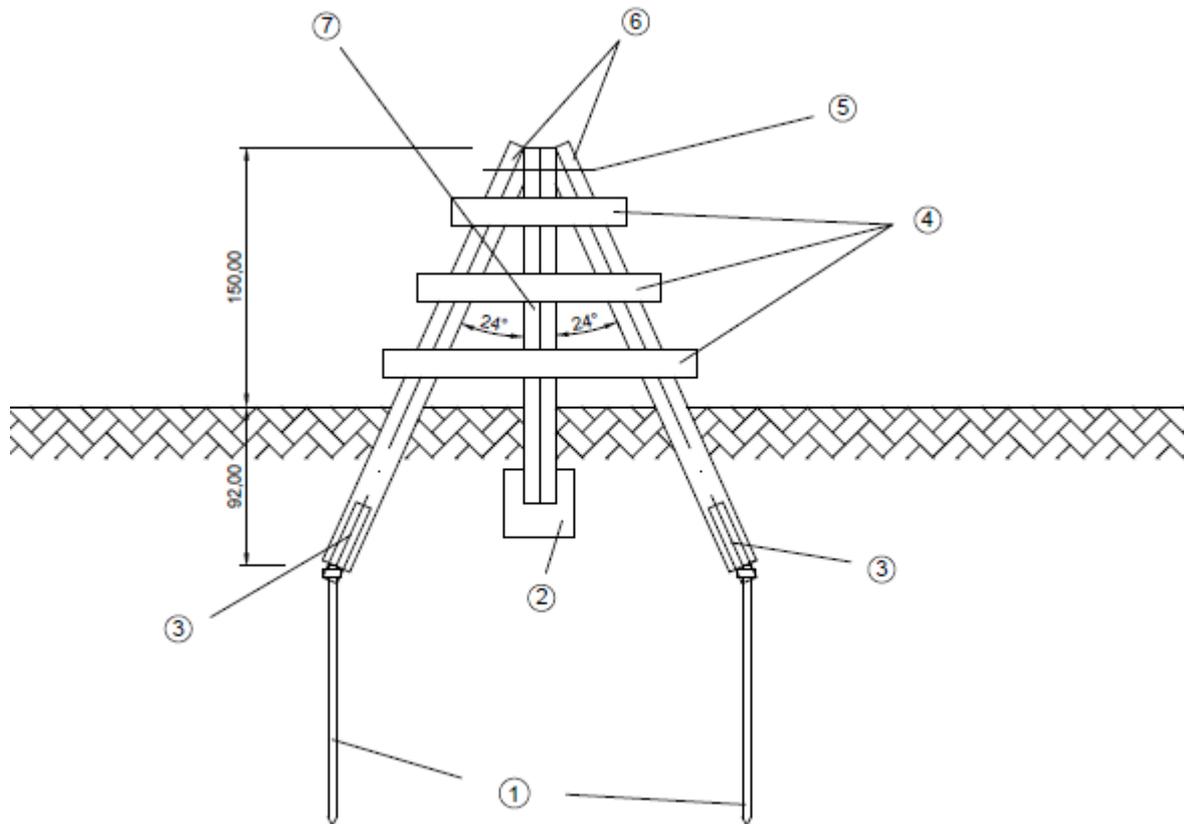


Abbildung 12:
Reihenweise angeordneter
Gleitschneeschutzbock D =
1.5
(Gbl. Bludenz)

Skizze

Skizze 9: Aufriss Gleitschneeschutzbock D = 1.5
(gezeichnet Weissensteiner nach Bautype Gbl. Bludenz)

- | |
|---|
| <p>1 – Verankerung mit einem Stahlrohr, D = 51mm; S = 4mm; L = 150cm mit aufgeschweißter Stahlplatte</p> <p>2 – Eisen oder Stahlplatte, 25 cm * 25 cm</p> <p>3 – Stahlflasche Verschraubung D = M16</p> <p>4 – Auflagen L = 180, 140, 100cm; Durchmesser: 14/16cm</p> <p>5 – Gewindestange D = 24mm, L = 75 cm</p> <p>6 – Stütze L = 250 cm; D = 15/17 cm</p> <p>7 – Steher L = 350 cm; D = 16/18 cm</p> <p>8 – Stirnseitig wird ein Wellenbandblecheisen b = 20mm; s = 1mm eingeschlagen</p> |
|---|



Skizze 10: Frontalansicht Gleitschneeschutzbock D = 1.5

Einsatzbereich

Der Gleitschneeschutzbock D 1,5 wird vorwiegend als Aufforstungshilfe sowie als Lawinanbruchschutz verwendet. Durch die starke Dimensionierung und stabile, betonlose Fundierung ist dieser Bautyp als alleinige Maßnahme auch für große Schneehöhen ausreichend.

Angeordnet wird dieser Dreibeinbock zeilenförmig/rasterartig, der Aufforstung entsprechend. Im Gegensatz zu dem einfachen Gleitschneeschutzbock werden diese Böcke jedoch nicht gruppenweise angeordnet, sondern ähnlich wie Stahlschneebrücken zeilenförmig, jedoch mit geringerem Tiefenabstand. Die Aufforstung ist flächig oder auch rottenförmig durchzuführen.

Materialliste

Anzahl	Position	Dimension [cm]
1	Steher	D*L = 15-17 * 350
2	Stütze	D*L = 15-17 * 250
1	Eisen/Steinplatte	-
2	Verankerungs-Sprengrohre	D*S*L = 5,1*0,4*150
2	Stahllaschen	B*H*L = 9*0,8*50
1	Gewindestange	D*L = 2,4*75
3	Stahlbänder	B*S = 2*0,1
3	Bedielungshölzer	L/L/L*D = 100/140/180/*14-16
6	Nägel	-
D = Durchmesser, L = Länge, B = Breite, S = Stärke, H = Höhe		

Tabelle 3: Materialliste Gleitschneebock D = 1.5

Wirkungsweise

Der Dreibeinbock stellt eine punktuelle Fixierung der Schneedecke dar. Gleiten und Kriechen sollen in den Mikrostandorten dadurch auf ein von den Forstpflanzen erträgliches Maß reduziert werden. Die Wirkhöhe des Dreibeinbockes beträgt 1,5 m. Als Erfahrungswert wird die maximale Hangneigung mit 45° beziffert. Dieser Wert wird stark von den zu erwartenden Schneehöhen und der zu verbauenden Fläche bestimmt. Überschreitung dieser Hangneigung wirkt sich negativ auf die angenommene Wirkhöhe aus.

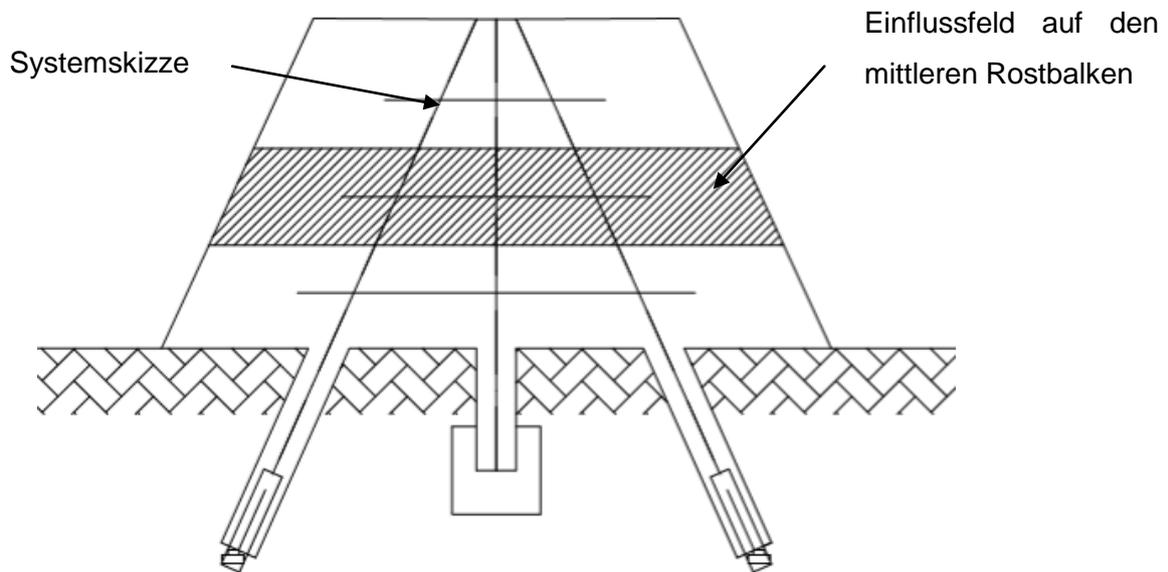
Bau und Montage

Die vorgebohrten und abgelängten Steher, Stützen und sonstigen Materialien werden auf einem LKW erreichbaren Lagerplatz angeliefert. Vor Ort werden Ankerlaschen montiert, Holzverbinder und Stahlbänder eingeschlagen und max. 7 Gleitschneesutzböcke für einen Transportflug gebündelt. Nach Anlieferung mit dem Hubschrauber werden 3 Ankerlöcher je Bock ausgehoben, die Steher und Stützen eingesetzt und mit Gewindestangen verbunden. Das Einschlagen der Ankerstangen wird mittels Presslufthammer und einem eigens dafür angefertigten Aufsatz bewerkstelligt. Abschließend werden halbrunde Hölzer als Bedielung mittels Nägel angebracht. Je nach Boden und Transportverhältnissen werden 4 h Montagezeit pro Bock benötigt.



Abbildung 14: Links – Einschlagen des Ankers mittels Pressluft und Spezialaufsatz
Rechts – „Rohbau“ eines Gleitschneeschutzbockes

Statische Berechnung



Skizze 11: Systemskizze Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$ mit dargestellter Einflussfläche

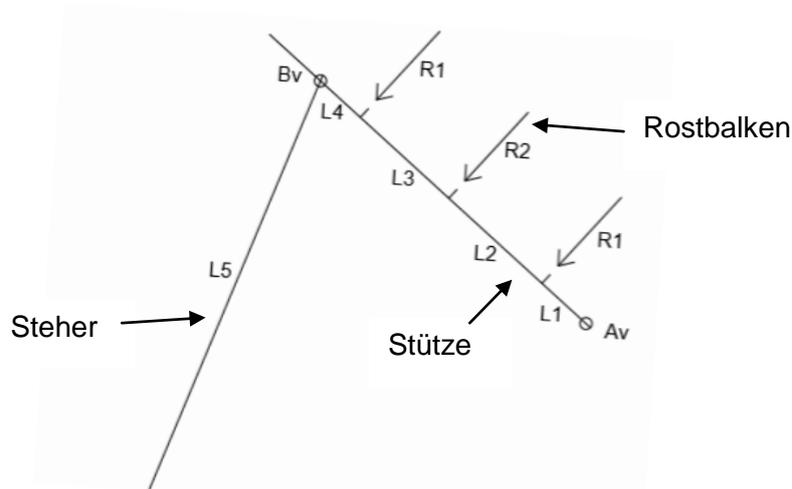
Alle nachfolgenden Berechnungen basieren auf Werte und Unterlagen aus dem "Handbuch Technischer Lawinenschutz" (Rudolf-Miklau, Sauermoser), dem "Holzhandbuch" (Ulf Lohmann) und Unterlagen des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau (9. Auflage Konstruktion Stabtragwerke). Die Bemessung wurde gemäß EC 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) bzw. EC 5 (Bemessung und Konstruktion von Holzbauten) durchgeführt.

Rahmenbedingungen:

$\rho_S := 600 \frac{kg}{m^3}$	maßgebende Annahme: stark verfestigter Schnee
$\rho_H := 900 \frac{kg}{m^3}$	Rohdichte von Robinienholz
$\gamma_g := 1.35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten
$\gamma_m := 1.30$	Teilsicherheitsbeiwert für Vollholz
$\alpha := 45^\circ$	Neigungsannahme für das Verbauungsgelände
$\varphi := 1 \quad \phi := 0.7$	$\tan(45^\circ)$ und $\cos(45^\circ)$ - Hangneigung
$N := 3.2$	Faktor für glatte Südhänge - Verbauungsmaßnahmen werden zumeist an diesen Hängen nötig sein.
$K := 1.05$	Kriechfaktor - unter Annahme von 45° Hangneigung und einer Schneedichte von 600 kg/m^3
$H := 1.5 \text{ m}$	Annahme: Schneemächtigkeit = hangnormale Werkshöhe
$H^2 := H^2$	$H^2 = 2.25 \text{ m}^2$
$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
$a := 0.4$	Stoffgröße, die von der Querszahl m der Schneeart bei einaxialem Druck abhängt. Lt. Schweizer Richtlinien wird, je nach Kompression ein Wert zwischen 0,35 und 0,5 angenommen.
$D_K := 1.5 \text{ m}$	Wirksame Höhe des Gleitschneeschutzbock - $H \cdot \cos(45)$
$\delta := 0.27$	$\tan(15^\circ)$ - zusätzliche Neigung zu der angenommenen hangnormalen Stützfläche
$B_{Einfl.} := 3.03 \text{ m}$	Einflussbreite des Bauwerkes

Geometrie:

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| $l_1 := 0.21 \text{ m}$ | $l_{R1} := 1 \text{ m}$ | $d_{Stütz} := 0.16 \text{ m}$ |
| $l_2 := 0.45 \text{ m}$ | $l_{R2} := 1.4 \text{ m}$ | $d_{Steher} := 0.16 \text{ m}$ |
| $l_3 := 0.43 \text{ m}$ | $l_{R3} := 1.8 \text{ m}$ | $d_{Rost} := 0.15 \text{ m}$ |
| $l_4 := 0.20 \text{ m}$ | | |
| $l_5 := 2.16 \text{ m}$ | | |



- | | | |
|--|----------------------------------|----------------------------|
| $A_{Rost} := 0.075 \text{ m}^2 \cdot \pi$ | $A_{Rost} = 0.236 \text{ m}^2$ | Querschnitt des Rostbalken |
| $A_{Stütz} := 0.08 \text{ m}^2 \cdot \pi$ | $A_{Stütz} = 0.251 \text{ m}^2$ | Querschnitt der Stütze |
| $A_{Steher} := 0.08 \text{ m}^2 \cdot \pi$ | $A_{Steher} = 0.251 \text{ m}^2$ | Querschnitt des Stehers |

Belastung:

$$S_N := \rho_S \cdot g \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N$$

$$S_N = 22.249 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Hangparalleler Schneedruck}$$

$$S_Q := S_N \cdot \left(\frac{a}{N \cdot \varphi} \right)$$

$$S_Q = 2.781 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Hangsenkrechter Schneedruck}$$

$$G := \rho_S \cdot g \cdot D_K^2 \cdot \delta$$

$$G = 3.576 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Zuschlag bei nicht hangnormaler Stützfläche}$$

$$q_R := \sqrt{(S_N + G)^2 + (S_Q + G)^2}$$

$$q_R = 26.596 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultierende Schneedruckkraft pro
Längeneinheit der Stützfläche -in Richtung der
Niveaulinie

$$q_{R,1} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{\text{Einfl.}} \cdot 0.7)}{3} \right)}{1 \text{ m}}$$

Einfluss auf den Rostbalken 1 - abzüglich 30%
der fehlenden Rechtecksfläche. Näherungsweise
wurde die Einflussfläche pro Rostbalken mit 1/3
angenommen.

$$q_{R,1} = 18.803 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wirkende Kraft auf Rostbalken 1

$$q_{R,2} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{\text{Einfl.}} \cdot 0.7)}{3} \right)}{1.4 \text{ m}}$$

(siehe Rostbalken 1)

$$q_{R,2} = 13.431 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wirkende Kraft auf Rostbalken 2

$$q_{R,3} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{\text{Einfl.}} \cdot 0.7)}{3} \right)}{1.8 \text{ m}}$$

(siehe Rostbalken 1)

$$q_{R,3} = 10.446 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Wirkende Kraft auf Rostbalken 3

Materialkennwerte:

$$f_{mk} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegefestigkeit

$$f_{t,0k} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zugfestigkeit II zur Faser

$$f_{c,0k} := 72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Druckfestigkeit II zur Faser

$$f_{v,k} := 6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schub und Torsionsfestigkeit

$$E_{\text{mean}} := 115000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mittlerer E-Modul

Lasteinwirkungsdauer KLED:

lang - Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung

Nutzungsklasse NKL:

3 - frei der Witterung ausgesetzt

 $k_{mod.Faktor} := 0.55$

$$f_{m.d} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{m.d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.0d} := \frac{(f_{t.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{t.0d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.0d} := \frac{(f_{c.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{c.0d} = 30.462 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.d} := \frac{(f_{v.k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{v.d} = 2.538 \frac{N}{mm^2}$$

Berechnung der Rostbalken:**Rostbalken 1:**

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.1} \cdot l_{R1}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 0.783 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Feldmoment

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.1} \cdot l_{R1}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 9.402 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

maßgebendes Stützmoment**Biegnachweis:**

$$M_{sd} := M_{Stütz}$$

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32}$$

$$W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = (2.837 \cdot 10^4) \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m.d}} = 0.493$$

< 1 Nachweis erbracht

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R.1}$$

$$\tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right)$$

$$\tau_d = 106.404 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.042$$

< 1 Nachweis erbracht

Rostbalken 2:

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.2} \cdot l_{R2}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 1.097 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Feldmoment}$$

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.2} \cdot l_{R2}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 13.162 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{maßgebendes Stützmoment}$$

Biegnachweis:

$$M_{sd} := M_{Stütz}$$

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32} \quad W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = (3.972 \cdot 10^4) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.69$$

< 1 Nachweis erbracht

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R.2}$$

$$\tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right) \quad \tau_d = 76.003 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.03$$

< 1 Nachweis erbracht

Rostbalken 2:

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.3} \cdot l_{R3}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 1.41 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Feldmoment}$$

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.3} \cdot l_{R3}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 16.923 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{maßgebendes Stützmoment}$$

Biegnachweis:

$$M_{sd} := M_{Stütz}$$

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32} \quad W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = (5.107 \cdot 10^4) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.888 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R,3} \quad \tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right) \quad \tau_d = 59.113 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.023 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Berechnung der Stützen:

Annahme: Auf der sicheren Seite liegend, wird die Belastung des Rostbalken 1 für alle Drei angenommen.

$$A_{v,Rost} := \frac{q_{R,1} \cdot l_{R1}}{2} \quad A_{v,Rost} = 9.402 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft des Rostbalken}$$

$$B_{v,Rost} := A_{v,Rost} \quad B_{v,Rost} = 9.402 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft des Rostbalken}$$

$$F_v := A_{v,Rost} + B_{v,Rost} - q_{R,1} \cdot l_{R1} \quad F_v = 0 \text{ kN} \quad \text{Kontrolle}$$

Schnittkräfte:

$$B_v := \frac{(A_{v,Rost} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + A_{v,Rost} \cdot (l_1 + l_2) + A_{v,Rost} \cdot l_1)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}$$

$$B_v = 14.285 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft einer Stütze auf den Steher}$$

$$A_v := A_{v,Rost} \cdot 3 - B_v$$

$$A_v = 13.92 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft auf ein Stützenfundament}$$

$$q_{Stütz} := \frac{(A_{v,Rost} \cdot 3)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} \quad q_{Stütz} = 21.864 \frac{kN}{m} \quad \text{verschmierte Belastung}$$

$$M_{Feld} := \frac{(q_{Stütz} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^2)}{24} \quad M_{Feld} = 1.516 \text{ kN} \cdot m \quad \text{Feldmoment}$$

Annahme: Stützmoment ist - aufgrund nicht vorhandener Belastung - nicht maßgebend

Biegenachweis:

$$M_{sd} := M_{Feld} \qquad W := \frac{(\pi \cdot d_{Stütz}^3)}{32} \qquad W = (4.021 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W} \qquad \sigma_{md} = (3.77 \cdot 10^3) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.066 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{Stütz} \qquad \tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Stütz}} \right) \qquad \tau_d = 115.993 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.046 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Berechnung des Stehers:Normalkraftnachweis:

$$N_{sd} := B_v \cdot 2 \qquad N_{sd} = 28.569 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cd} := \frac{N_{sd}}{A_{Steher}} \qquad \sigma_{cd} = 113.673 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{f_{c,0d}} = 0.004 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Maßnahmen, die aus Robinienholz bestehen, wird auf 30 – 50 Jahre geschätzt. Dieser Faktor sollte bei einem Einsatz als Lawinenanbruchverbauung besonders berücksichtigt werden. Auch in diesem Fall sollte eine Aufforstung durchgeführt werden.

Erhaltung

Die Gleitschneeböcke sind weitgehend wartungsfrei. Jedoch weisen alle natürlichen Materialien individuelle Qualitätsunterschiede auf, die deren Stabilität beeinflussen. Unvorhergesehene Ereignisse wie Steinschlag oder Fallholz können zu zusätzlichen Schäden führen. Eine jährliche Kontrolle ist Voraussetzung um größere Schäden zu vermeiden. (LEUENBERGER, F. 1989, 81)

Kosten

Die Gleitschneeböcke $D = 1,5$ wurden in der Gebietsbauleitung Bludenz im Ausmaß von 400 Stk. mit Gesamtkosten von 200.800€ montiert. Der finanzielle Aufwand ist sehr stark von den Bodenverhältnissen und Transportwegen abhängig. Als repräsentativer Wert können 500€ pro Stück angenommen werden. Eine gesammelte Kostenaufstellung ist in der Tabelle 4 aufgelistet.

6.3 Doppelgleitschneeschutzbock D 1,5

Beschreibung

Eine weiterentwickelte Maßnahme des einfachen Gleitschneeschutzbockes D 1,5 ist der Doppelgleitschneeschutzbock. Zwei Böcke werden mit 6 Meter langen Bedienungshölzern zu einer Schneebrücke verbunden – somit wird auch die Schutzwirkung deutlich erhöht. Angewendet wird der Bautyp vor allem in Projektgebieten neben Straßen - durch die durchgehende Bauweise besteht keine Verschüttungsgefahr der Infrastruktur.

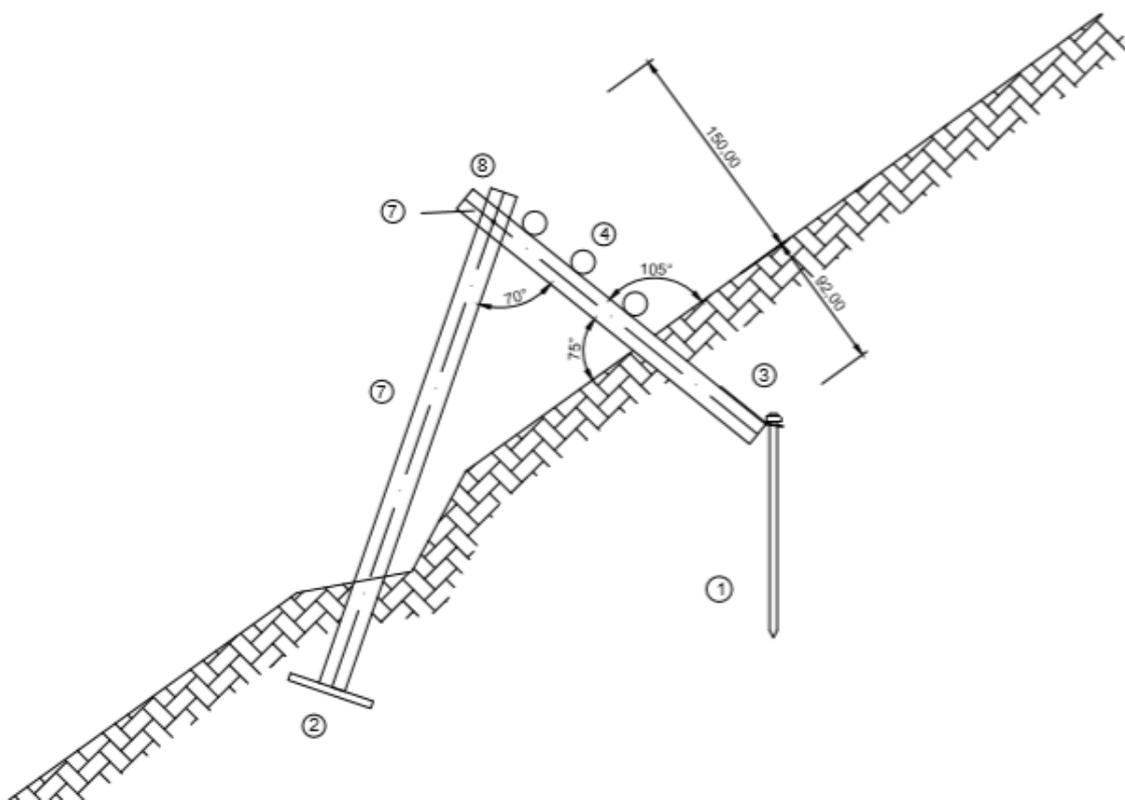
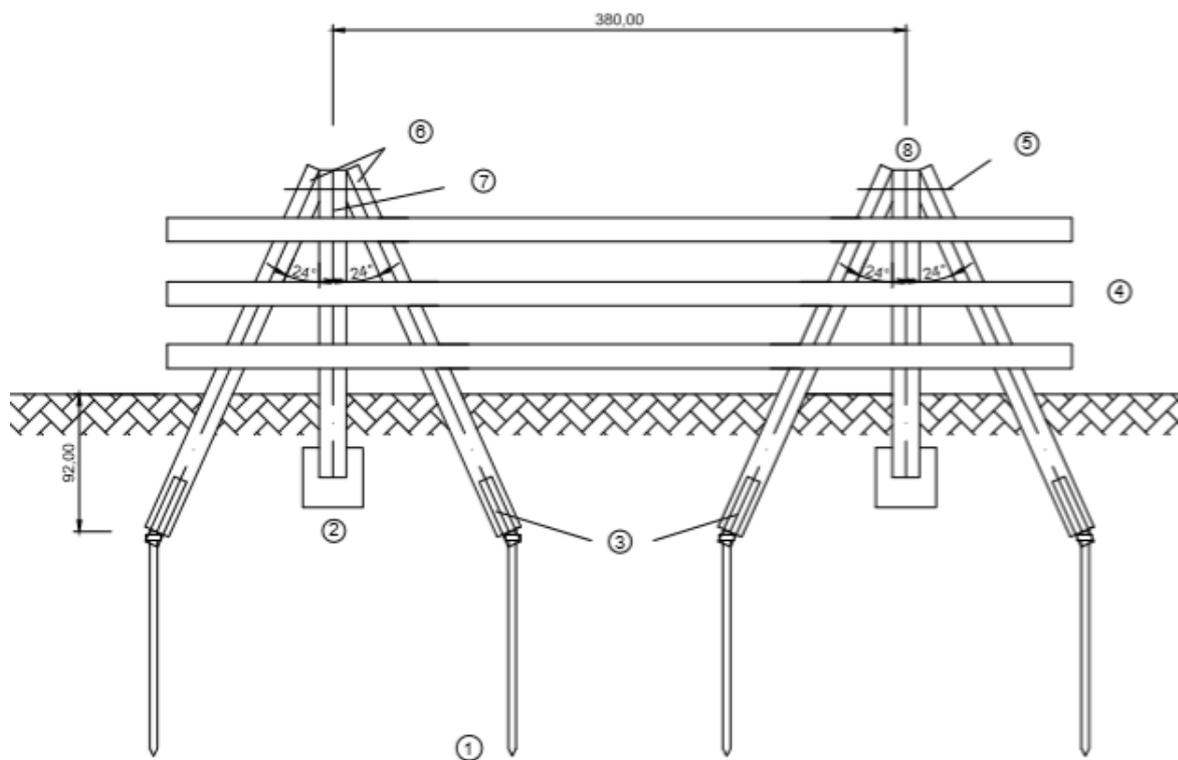


Abbildung 15:
Fertig montierte Doppelgleit-
schneeschutzböcke
(Gbl. Bludenz)



Abbildung 16:
Doppelgleitschneeschutzböcke
mit Verjüngung
(Gbl. Bludenz)

Skizze



Skizze 12: Frontalansicht und Aufriss Doppelgleitschneeschutzbock
(Bautyp Gbl. Bludenz)

- 1 – Verankerung mit Sprengrohr, $D = 51\text{mm}$; $S = 4\text{mm}$; $L = 150\text{cm}$ mit aufgeschweißter Stahlplatte, Länge = 10 cm, Breite = 4 cm, $S = 8\text{ mm}$
- 2 – Eisen oder Stahlplatte
- 3 – Stahllasche Verschraubung $D = M16$
- 4 – Rostbalken $L = 600\text{ cm}$, $D = 14/16\text{cm}$
- 5 – Gewindestange $D = 24\text{mm}$, $L = 75\text{ cm}$
- 6 – Stütze $L = 250\text{ cm}$; $D = 15/17\text{ cm}$
- 7 – Steher $L = 350\text{ cm}$; $D = 16/18\text{ cm}$
- 8 – Stirnseitig wird ein Wellenbandblecheisen $b = 20\text{mm}$; $s = 1\text{mm}$ eingeschlagen

Einsatzbereich

Sowohl als Aufforstungsschutz als auch als Lawinenanbruchschutz – vor allem in siedlungsnahen Gebieten – kann diese Bauart verwendet werden. Die Anordnung ist, den Stahlschneebrücken angelehnt, zeilenförmig.

Wirkungsweise

Der Doppelgleitschneeschutzbock stellt eine linienförmige Fixierung der Schneedecke dar. Anbruch, Gleiten und Kriechen sollen in den Standorten dadurch auf ein für die Forstpflanzen erträgliches Maß reduziert werden. Die Wirkhöhe des Doppelgleitschneeschutzbockes beträgt 1,5 m.

Als Erfahrungswert wird die maximale Hangneigung mit 45° beziffert. Dieser Wert wird stark von den zu erwartenden Schneehöhen und der zu verbauenden Fläche bestimmt. Überschreitung dieser Hangneigung wirkt sich negativ auf die angenommene Wirkhöhe aus.

Bau und Montage

Der Bau und die Montage unterscheidet sich nur gering zu den einfachen Gleitschneeschutzböcken $D = 1,5$. Jegliche Verbindungen werden vorgefertigt und die Komponenten abgelängt - insbesondere Schrägbohrungen werden im Bauhof mit einer Standbohrmaschine leichter bewerkstelligt. Die Montagezeit unterscheidet sich ebenso nur gering zum Gleitschneeschutzbock – einzig die Tatsache, dass die beiden Böcke bei einem Doppelgleitschneeschutzbock auf einer Höhe stehen müssen und die Montage der langen Rosthölzer zusätzliche Arbeitszeit erfordert.

Statische Belastbarkeit

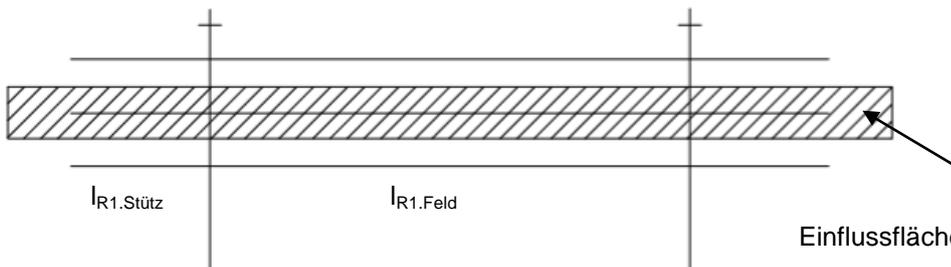
Alle nachfolgenden Berechnungen basieren auf Werte und Unterlagen aus dem "Handbuch Technischer Lawinenschutz" (Rudolf-Miklau, Sauermoser), dem "Holzhandbuch" (Ulf Lohmann) und Unterlagen des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau (9. Auflage Konstruktion Stabtragwerke). Die Bemessung wurde gemäß EC 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) bzw. EC 5 (Bemessung und Konstruktion von Holzbauten) durchgeführt.

Rahmenbedingungen:

$\rho_S := 600 \frac{kg}{m^3}$	maßgebende Annahme: stark verfestigter Schnee
$\rho_H := 900 \frac{kg}{m^3}$	Rohdichte von Robinienholz
$\gamma_g := 1.35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten
$\gamma_m := 1.30$	Teilsicherheitsbeiwert für Vollholz
$\alpha := 45^\circ$	Neigungsannahme für das Verbauungsgelände
$\varphi := 1 \quad \phi := 0.7$	$\tan(45^\circ)$ und $\cos(45^\circ)$ - Hangneigung
$N := 3.2$	Faktor für glatte Südhänge - Verbauungsmaßnahmen werden zumeist an diesen Hängen nötig sein.
$K := 1.05$	Kriechfaktor - unter Annahme von 45° Hangneigung und einer Schneedichte von 600 kg/m^3
$H := 1.5 \text{ m}$	Annahme: Schneemächtigkeit = hangnormale Werkshöhe
$H^2 := H^2$	$H^2 = 2.25 \text{ m}^2$
$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
$a := 0.4$	Stoffgröße, die von der Querszahl m der Schneeart bei einaxialem Druck abhängt. Lt. Schweizer Richtlinien wird, je nach Kompression ein Wert zwischen 0,35 und 0,5 angenommen.
$D_K := 1.5 \text{ m}$	Wirksame Höhe des Gleitschneeschutzbock - $H \cdot \cos(45)$
$\delta := 0.27$	$\tan(15^\circ)$ - zusätzliche Neigung zu der angenommenen hangnormalen Stützfläche
$B_{Einfl.} := 7 \text{ m}$	Einflussbreite des Bauwerkes

Geometrie:

$$\begin{array}{llll}
 l_1 := 0.21 \text{ m} & l_{R1} := 6 \text{ m} & d_{Stütz} := 0.16 \text{ m} & l_{R1.Feld} := 3.8 \text{ m} \\
 l_2 := 0.45 \text{ m} & l_{R2} := 6 \text{ m} & d_{Steher} := 0.16 \text{ m} & l_{R1.Stütz} := 1.1 \text{ m} \\
 l_3 := 0.43 \text{ m} & l_{R3} := 6 \text{ m} & d_{Rost} := 0.15 \text{ m} & l_{R2.Feld} := 3.8 \text{ m} \\
 l_4 := 0.20 \text{ m} & & & l_{R2.Stütz} := 1.1 \text{ m} \\
 l_5 := 2.16 \text{ m} & & & l_{R3.Feld} := 3.8 \text{ m} \\
 & & & l_{R3.Stütz} := 1.1 \text{ m}
 \end{array}$$



Skizze 13: Einflussfläche Rostbalken (Weissensteiner 2018)

Einflussfläche eines Rostbalkens - mit der Annahme, dass jeweils 50 cm zusätzlich wirken.

$$\begin{array}{lll}
 A_{Rost} := 0.075 \text{ m}^2 \cdot \pi & A_{Rost} = 0.236 \text{ m}^2 & \text{Querschnitt des Rostbalken} \\
 A_{Stütz} := 0.08 \text{ m}^2 \cdot \pi & A_{Stütz} = 0.251 \text{ m}^2 & \text{Querschnitt der Stütze} \\
 A_{Steher} := 0.08 \text{ m}^2 \cdot \pi & A_{Steher} = 0.251 \text{ m}^2 & \text{Querschnitt des Stehers}
 \end{array}$$

Belastung:

$$S_N := \rho_S \cdot g \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N$$

$$S_N = 22.249 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangparalleler Schneedruck

$$S_Q := S_N \cdot \left(\frac{a}{N \cdot \varphi} \right)$$

$$S_Q = 2.781 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangsenkrechter Schneedruck

$$G := \rho_S \cdot g \cdot D_K^2 \cdot \delta$$

$$G = 3.576 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Zuschlag bei nicht hangnormaler Stützfläche

$$q_R := \sqrt{(S_N + G)^2 + (S_Q + G)^2}$$

$$q_R = 26.596 \frac{kN}{m}$$

Resultierende Schneedruckkraft pro
Längeneinheit der Stützfläche -in Richtung der
Niveaulinie

$$q_{R.1} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{Einfl.})}{3} \right)}{6 m}$$

$$q_{R.1} = 10.343 \frac{kN}{m}$$

Einfluss auf den Rostbalken 1. Näherungsweise
wurde die Einflussfläche pro Rostbalken mit 1/3
angenommen.

$$q_{R.2} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{Einfl.})}{3} \right)}{6 m}$$

$$q_{R.2} = 10.343 \frac{kN}{m}$$

Wirkende Kraft auf Rostbalken 1

(siehe Rostbalken 1)

$$q_{R.3} := \frac{\left(\frac{(q_R \cdot B_{Einfl.})}{3} \right)}{6 m}$$

$$q_{R.3} = 10.343 \frac{kN}{m}$$

Wirkende Kraft auf Rostbalken 2

(siehe Rostbalken 1)

Wirkende Kraft auf Rostbalken 3

Materialkennwerte:

$$f_{mk} := 136 \frac{N}{mm^2}$$

Biegefestigkeit

$$f_{t.0k} := 136 \frac{N}{mm^2}$$

Zugfestigkeit II zur Faser

$$f_{c.0k} := 72 \frac{N}{mm^2}$$

Druckfestigkeit II zur Faser

$$f_{v.k} := 6 \frac{N}{mm^2}$$

Schub und Torsionsfestigkeit

$$E_{mean} := 115000 \frac{N}{mm^2}$$

Mittlerer E-Modul

Lasteinwirkungsdauer KLED:

lang - Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung

Nutzungsklasse NKL:

3 - frei der Witterung ausgesetzt

 $k_{mod.Faktor} := 0.55$

$$f_{m.d} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{m.d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.0d} := \frac{(f_{t.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{t.0d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.0d} := \frac{(f_{c.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{c.0d} = 30.462 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.d} := \frac{(f_{v.k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{v.d} = 2.538 \frac{N}{mm^2}$$

Berechnung der Rostbalken:**Rostbalken 1:**

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.1} \cdot l_{R1.Feld}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 6.223 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Feldmoment}$$

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.1} \cdot l_{R1.Stütz}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 6.257 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{maßgebendes Stützmoment}$$

Biegenachweis:

$$M_{sd} := M_{Stütz} \quad W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32} \quad W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W} \quad \sigma_{md} = (1.889 \cdot 10^4) \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m.d}} = 0.328 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R.1} \quad \tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right) \quad \tau_d = 58.528 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v.d}} = 0.023 \quad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Rostbalken 2:

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.2} \cdot l_{R2.Feld}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 6.223 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Feldmoment

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.2} \cdot l_{R2.Stütz}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 6.257 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

maßgebendes StützmomentBiegnachweis:

$$M_{sd} := M_{Stütz}$$

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32}$$

$$W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = (1.889 \cdot 10^4) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.328$$

< 1 Nachweis erbracht

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R.2}$$

$$\tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right)$$

$$\tau_d = 58.528 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.023$$

< 1 Nachweis erbracht

Rostbalken 3:

$$M_{Feld} := \frac{(q_{R.3} \cdot l_{R3.Feld}^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 6.223 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Feldmoment

$$M_{Stütz} := \frac{(q_{R.3} \cdot l_{R3.Stütz}^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 6.257 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

maßgebendes StützmomentBiegnachweis:

$$M_{sd} := M_{Stütz}$$

$$W := \frac{(\pi \cdot d_{Rost}^3)}{32}$$

$$W = (3.313 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = (1.889 \cdot 10^4) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.328 < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{R,3} \quad \tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Rost}} \right) \quad \tau_d = 58.528 \frac{kN}{m^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.023 < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Berechnung der Stützen:

Annahme: Auf der sicheren Seite liegend, wird die Belastung des Rostbalken 1 für alle Drei angenommen.

$$A_{v,Rost} := \frac{q_{R,1} \cdot l_{R1}}{2} \quad A_{v,Rost} = 31.028 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft des Rostbalken}$$

$$B_{v,Rost} := A_{v,Rost} \quad B_{v,Rost} = 31.028 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft des Rostbalken}$$

$$F_v := A_{v,Rost} + B_{v,Rost} - q_{R,1} \cdot l_{R1} \quad F_v = 0 \text{ kN} \quad \text{Kontrolle}$$

Schnittkräfte:

$$B_v := \frac{(A_{v,Rost} \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + A_{v,Rost} \cdot (l_1 + l_2) + A_{v,Rost} \cdot l_1)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}$$

$$B_v = 47.144 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft einer Stütze auf den Steher. Einfachheitshalber werden die 2 Stützen als eine mittig platzierte Stütze angesehen.}$$

$$A_v := (A_{v,Rost} \cdot 3 - B_v)$$

$$A_v = 45.941 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft auf ein mittig gedachtes Stützenfundament - Av/2 ergibt die Belastung für ein Fundament}$$

$$q_{Stütz} := \frac{(A_{v,Rost} \cdot 3)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} \quad q_{Stütz} = 72.159 \frac{kN}{m} \quad \text{verschmierte Belastung}$$

$$M_{Feld} := \frac{(q_{Stütz} \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)^2)}{24} \quad M_{Feld} = 5.003 \text{ kN} \cdot m \quad \text{Feldmoment}$$

Annahme: Stützmoment ist - aufarund nicht vorhandener Belastuna - nicht maßabend

Biegenachweis:

$$M_{sd} := M_{Feld} \qquad W := \frac{(\pi \cdot d_{Stütz}^3)}{32} \qquad W = (4.021 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W} \qquad \sigma_{md} = (1.244 \cdot 10^4) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.216 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Querkraftnachweis:

$$V_{sd} := q_{Stütz} \qquad \tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_{Stütz}} \right) \qquad \tau_d = 382.815 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.151 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Berechnung des Stehers:Normalkraftnachweis:

$$N_{sd} := B_v \cdot 2 \qquad N_{sd} = 94.288 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cd} := \frac{N_{sd}}{A_{Steher}} \qquad \sigma_{cd} = 375.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{f_{c,0d}} = 0.012 \qquad < 1 \text{ Nachweis erbracht}$$

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Maßnahmen, die aus Robinienholz bestehen, wird auf 30 – 50 Jahre geschätzt. Dieser Faktor sollte bei einem Einsatz als Lawinenanbruchverbauung besonders berücksichtigt werden. Auch in diesem Fall sollte eine Aufforstung durchgeführt werden.

Erhaltung

Die Doppelgleitschneesutzböcke sind weitgehend wartungsfrei. Erhaltungskosten können vor allem bei Steinschlag oder Windwurfschäden entstehen.

Kosten

In der Gebietsbauleitung Bludenz wurden im Projekt Silbertal SDA FWP 2009, umgesetzt 2012, 45 doppelte Schneebrücken gebaut. Dabei wurden insgesamt 270 lfm geplant und installiert. Daraus folgt ein Preis von 760€ pro Doppelwerk, welcher sich aus Bau,- Transport- und Montagekosten zusammensetzt.

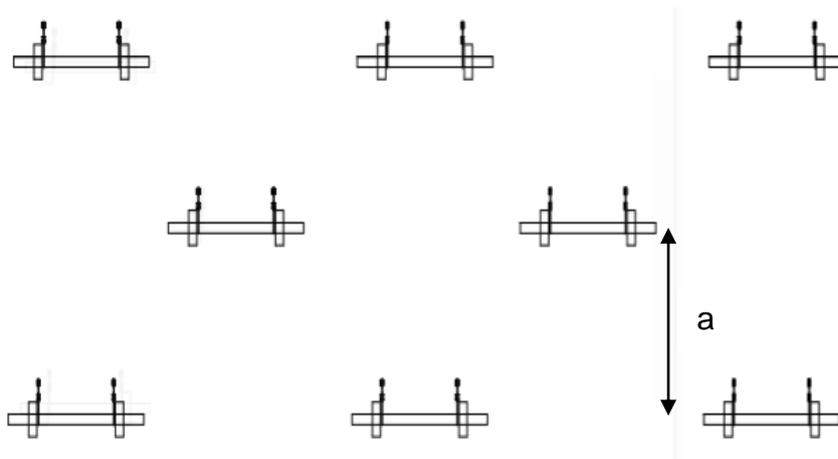
6.4 Rundhölzer mit Seilanker

Beschreibung

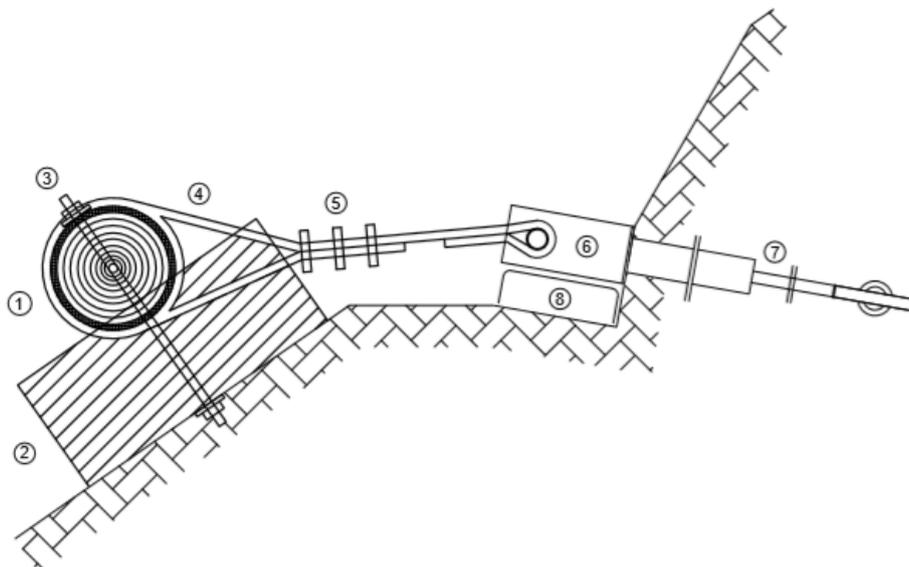
Verankerte Rundhölzer haben sich als Hilfsmaßnahme gegen Gleitschnee, vor allem zwischen Schneebrücken und oberhalb von Straßen – trotz der geringen Wirkhöhe, sehr bewährt. Die einfache Bauweise und die schnelle Montage heben diesen Bautyp besonders hervor, wodurch der Einsatz auf Skirouten naheliegend ist.



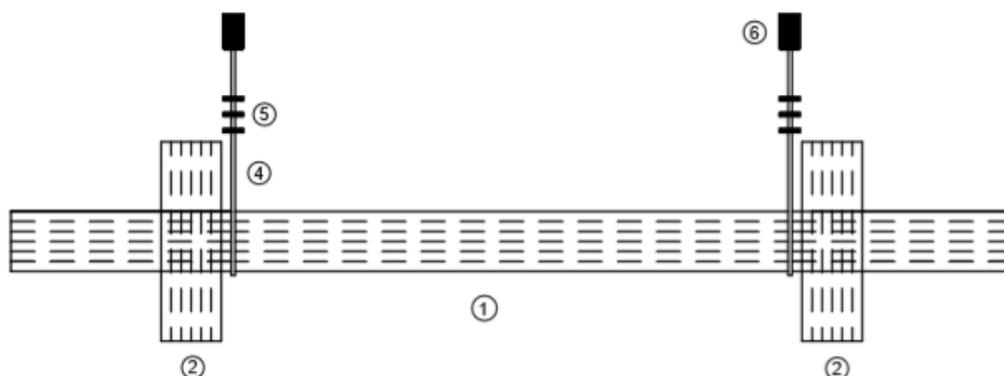
Abbildung 17:
Verankerte Rundhölzer
zwischen einer
Anbruchverbauung
(Gbl. Bludenz)



Skizze 14:
Anordnungsschema von
Verankerten Rundhölzern.
Der vertikale Abstand a
reicht je nach Gelände-
neigung und Rundholz-
länge von 7,8 bis 21,4 m –
siehe Tab. 4

Skizze

Skizze 15: Aufriss eines verankerten Rundholzes
(Bautyp der Gbl. Bludenz)



Skizze 16: Draufsicht eines verankerten Rundholzes

- | |
|--|
| <p>1 – Rundholz, L = 5,0 m, DN = 0,3 m</p> <p>2 – Rundholz, L = 1 m, DN = 0,3 m</p> <p>3 – Gewindestangen verzinkt, L = 0,7 m, DN = 0,02 m</p> <p>4 – Drahtseile, L = 3,2 m, mit gepresster Seilschlaufe und Kausche für den Bolzen, DN = 0,02 m</p> <p>5 – Seilklemmen für Drahtseil, DN = 0,02 m</p> <p>6 – Ankerkopf kurz</p> <p>7 – Ankerstab, DN = 0,028 m</p> <p>8 – Mörtelbett mit U-Profil</p> |
|--|

Einsatzbereich

Verankerte Rundhölzer oder Querlieger werden vorwiegend im Infrastrukturbereich oder auf Skirouten eingesetzt. Die Wirkhöhe und Anordnung ist sehr stark von der Neigung des Geländes und der Länge der Rundhölzer abhängig. Nachfolgend eine Abstandstabelle aus der Gebietsbauleitung Bludenz:

Neigung [%]	Neigung [°]	Länge dH=6m [m]	Länge dH=7m [m]	Länge dH=8m [m]	Länge dH=9m [m]	Länge dH=10m [m]
53	27,9	12,8	14,9	17,1	19,2	21,4
54	28,4	12,6	14,7	16,8	18,9	21,0
55	28,8	12,5	14,5	16,6	18,7	20,8
56	29,2	12,3	14,3	16,4	18,4	20,5
57	29,7	12,1	14,1	16,2	18,2	20,2
58	30,1	12,0	14,0	15,9	17,9	19,9
59	30,5	11,8	13,8	15,7	17,7	19,7
60	31,0	11,7	13,6	15,5	17,5	19,4
61	31,4	11,5	13,4	15,4	17,3	19,2
62	31,8	11,4	13,3	15,2	17,1	19,0
63	32,2	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
64	32,6	11,1	13,0	14,8	16,7	18,6
65	33,0	11,0	12,8	14,7	16,5	18,3
66	33,4	10,9	12,7	14,5	16,3	18,2
67	33,8	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0
68	34,2	10,7	12,4	14,2	16,0	17,8
69	34,6	10,6	12,3	14,1	15,8	17,6
70	35,0	10,5	12,2	14,0	15,7	17,4
71	35,4	10,4	12,1	13,8	15,5	17,3
72	35,8	10,3	12,0	13,7	15,4	17,1
73	36,1	10,2	11,9	13,6	15,3	17,0
74	36,5	10,1	11,8	13,4	15,1	16,8
75	36,9	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7
76	37,2	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
77	37,6	9,8	11,5	13,1	14,8	16,4
78	38,0	9,8	11,4	13,0	14,6	16,3
79	38,3	9,7	11,3	12,9	14,5	16,1
80	38,7	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0
81	39,0	9,5	11,1	12,7	14,3	15,9
82	39,4	9,5	11,0	12,6	14,2	15,8
83	39,7	9,4	11,0	12,5	14,1	15,7
84	40,0	9,3	10,9	12,4	14,0	15,5
85	40,4	9,3	10,8	12,4	13,9	15,4
86	40,7	9,2	10,7	12,3	13,8	15,3
87	41,0	9,1	10,7	12,2	13,7	15,2
88	41,3	9,1	10,6	12,1	13,6	15,1
89	41,7	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0

Neigung [%]	Neigung [°]	Länge dH=6m [m]	Länge dH=7m [m]	Länge dH=8m [m]	Länge dH=9m [m]	Länge dH=10m [m]
90	42,0	9,0	10,5	12,0	13,5	14,9
91	42,3	8,9	10,4	11,9	13,4	14,9
92	42,6	8,9	10,3	11,8	13,3	14,8
93	42,9	8,8	10,3	11,7	13,2	14,7
94	43,2	8,8	10,2	11,7	13,1	14,6
95	43,5	8,7	10,2	11,6	13,1	14,5
96	43,8	8,7	10,1	11,6	13,0	14,4
97	44,1	8,6	10,1	11,5	12,9	14,4
98	44,4	8,6	10,0	11,4	12,9	14,3
99	44,7	8,5	9,9	11,4	12,8	14,2
100	45,0	8,5	9,9	11,3	12,7	14,1
101	45,3	8,4	9,9	11,3	12,7	14,1
102	45,6	8,4	9,8	11,2	12,6	14,0
103	45,8	8,4	9,8	11,2	12,5	13,9
104	46,1	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9
105	46,4	8,3	9,7	11,0	12,4	13,8
106	46,7	8,2	9,6	11,0	12,4	13,7
107	46,9	8,2	9,6	10,9	12,3	13,7
108	47,2	8,2	9,5	10,9	12,3	13,6
109	47,5	8,1	9,5	10,9	12,2	13,6
110	47,7	8,1	9,5	10,8	12,2	13,5
111	48,0	8,1	9,4	10,8	12,1	13,5
112	48,2	8,0	9,4	10,7	12,1	13,4
113	48,5	8,0	9,3	10,7	12,0	13,4
114	48,7	8,0	9,3	10,6	12,0	13,3
115	49,0	8,0	9,3	10,6	11,9	13,3
116	49,2	7,9	9,2	10,6	11,9	13,2
117	49,5	7,9	9,2	10,5	11,8	13,2
118	49,7	7,9	9,2	10,5	11,8	13,1
119	50,0	7,8	9,1	10,4	11,8	13,1
120	50,2	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0

Tabelle 4: Abstandstabelle verankerter Rundhölzer (Gbl. Bludenz)

Wirkungsweise

Die Schneedecke wird durch querliegende Rundhölzer fixiert. Es ergibt sich dadurch eine durchgehende „Verbauung“ mit dem Vorteil, dass auch Geröll zurückgehalten wird – deshalb auch der Einsatz oberhalb von Straßen.

Bau und Montage

Die Vorfertigung erfolgt am Bauhof - d.h. die Rundhölzer werden abgelängt, Anker und Seillaschen vorgefertigt. In Straßennähe kann das Material mit Hilfe eines Krans ins Gelände gehoben, ansonsten wie bei den Gleitschneesutzböcken mit LKW und Hubschrauber transportiert werden. Wenn passendes Rundholz vor Ort geschlägert werden kann, sollte dieses natürlich verwendet werden.

Statische Belastbarkeit

Alle nachfolgenden Berechnungen basieren auf Werte und Unterlagen aus dem "Handbuch Technischer Lawinenschutz" (Rudolf-Miklau, Sauer Moser), dem "Holzhandbuch" (Ulf Lohmann) und Unterlagen des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau (9. Auflage Konstruktion Stabtragwerke). Die Bemessung wurde gemäß EC 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) bzw. EC 5 (Bemessung und Konstruktion von Holzbauten) durchgeführt.

Rahmenbedingungen:

$\rho_S := 600 \frac{kg}{m^3}$	maßgebende Annahme: stark verfestigter Schnee
$\rho_H := 900 \frac{kg}{m^3}$	Rohdichte von Robinienholz
$\gamma_g := 1.35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten
$\gamma_m := 1.30$	Teilsicherheitsbeiwert für Vollholz
$\alpha := 45^\circ$	Neigungsannahme für das Verbauungsgelände
$\varphi := 1 \quad \phi := 0.7$	$\tan(45^\circ)$ und $\cos(45^\circ)$ - Hangneigung
$N := 3.2$	Faktor für glatte Südhänge - Verbauungsmaßnahmen werden zumeist an diesen Hängen nötig sein.
$K := 1.05$	Kriechfaktor - unter Annahme von 45° Hangneigung und einer Schneedichte von 600 kg/m^3
$H := 0.4 \text{ m}$	Annahme: Schneemächtigkeit = hangnormale Werkshöhe
$H^2 := H^2$	$H^2 = 0.16 \text{ m}^2$
$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
$a := 0.4$	Stoffgröße, die von der Querszahl m der Schneeart bei einaxialem Druck abhängt. Lt. Schweizer Richtlinien wird, je nach Kompression ein Wert zwischen 0,35 und 0,5 angenommen.
$D_K := 0.4 \text{ m}$	Wirksame Höhe des Gleitschneeschutzbock - $H \cdot \cos(45^\circ)$
$B_{Einfl.} := 7 \text{ m}$	Einflussbreite des Bauwerkes

Geometrie:

$$l_1 := 1.2 \text{ m} \quad l_3 := 1.2 \text{ m}$$

$$l_2 := 3.8 \text{ m} \quad d := 0.3 \text{ m}$$

$$A_S := 0.15 \text{ m}^2 \cdot \pi \quad A_S = 0.471 \text{ m}^2$$

Belastung:

$$S_N := \rho_S \cdot g \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N$$

$$S_N = 1.582 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangparalleler Schneedruck

$$S_Q := S_N \cdot \left(\frac{a}{N \cdot \varphi} \right)$$

$$S_Q = 0.198 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hangsenkrechter Schneedruck

$$q_R := \sqrt{(S_N + S_Q)^2}$$

$$q_R = 1.78 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Resultierende Schneedruckkraft pro Längeneinheit der Stützfläche -in Richtung der Niveaulinie

$$q_{\text{Rund.}} := q_R \cdot B_{\text{Einfl.}}$$

$$q_{\text{Rund.}} = 12.459 \text{ kN}$$

Resultierende Kraft auf das Rundholz

Materialkennwerte:

$$f_{mk} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegefestigkeit

$$f_{t.0k} := 136 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zugfestigkeit II zur Faser

$$f_{c.0k} := 72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Druckfestigkeit II zur Faser

$$f_{v.k} := 6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schub und Torsionsfestigkeit

$$E_{\text{mean}} := 115000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mittlerer E-Modul

Lasteinwirkungsdauer KLED:

lang - Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung

Nutzungsklasse NKL:

3 - frei der Witterung ausgesetzt

 $k_{mod.Faktor} := 0.55$

$$f_{m.d} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{m.d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{t.0d} := \frac{(f_{t.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{t.0d} = 57.538 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{c.0d} := \frac{(f_{c.0k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{c.0d} = 30.462 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{v.d} := \frac{(f_{v.k} \cdot k_{mod.Faktor})}{\gamma_m}$$

$$f_{v.d} = 2.538 \frac{N}{mm^2}$$

Berechnung der Schnittkräfte:

$$M_{Feld} := \frac{(q_R \cdot l_2^2)}{24}$$

$$M_{Feld} = 1.071 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Feldmoment

$$M_{Stütz} := \frac{(q_R \cdot l_1^2)}{2}$$

$$M_{Stütz} = 1.282 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maßgebendes Moment

$$B_v := \frac{q_{Rund.}}{2}$$

$$B_v = 6.23 \text{ kN}$$

$$A_v := \frac{q_{Rund.}}{2}$$

$$A_v = 6.23 \text{ kN}$$

Belastung pro Seilanker

$$F_v := A_v + B_v - q_{Rund.}$$

$$F_v = 0 \text{ kN}$$

Kontrolle

Bemessung des Querliegers:

$$V_{sd} := q_R = 1.78 \frac{kN}{m}$$

maßgebende Querkraft

$$M_{sd} := M_{Stütz} = 1.282 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

maßgebendes Moment

Das Eigengewicht wird aufgrund dessen geringem Einfluss nicht in die Berechnung miteinbezogen.

Biegenachweis:

$$W := \frac{(\pi \cdot d^3)}{32}$$

$$W = 0.003 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{md} := \frac{M_{sd}}{W}$$

$$\sigma_{md} = 483.472 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{md}}{f_{m,d}} = 0.008$$

< 1 Nachweis erbracht

Querkraftnachweis:

$$\tau_d := \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{V_{sd} \cdot m}{A_S} \right)$$

$$\tau_d = 5.036 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = 0.002$$

< 1 Nachweis erbracht

Lebensdauer

Rundhölzer werden ausschließlich zur Reduktion von Schneekriechen und Schneegleiten eingesetzt, mit begleitender Aufforstung - eine Lebensdauer von 30 – 50 Jahren ist daher ausreichend. Durch konstruktiven Holzschutz und sorgsamem Umgang an den Rundhölzern und deren Seilverbindung, lässt sich die Dauerhaftigkeit einfach erhöhen.

Erhaltung

Durch die einfache Bauweise sind verankerte Rundhölzer weitgehend wartungsfrei. Regelmäßige Kontrolle ist jedoch unabdingbar und beugt schwereren Schäden in der Verankerung etc. vor.

6.5 Erdterrassen/ Bewehrte Erde

Beschreibung

Die bewehrte Erde findet vor allem in der Böschungssicherung vielfache Verwendung. Mit relativ geringem Einsatz – im Gegensatz zur Steinschichtung – kann eine Böschungsneigung von 65° erreicht werden, ohne die statische Belastbarkeit zu vermindern. Dadurch kann eine linienförmige Abstufung des Geländes erzeugt werden, welche den Schneedruck aufnimmt. In den meisten Fällen kann auch das Material vor Ort verwendet werden. Die Wirkhöhe einer befahrbaren Erdterrasse beträgt ca. 1 m; einer nicht befahrbaren ca. 0.5 m.



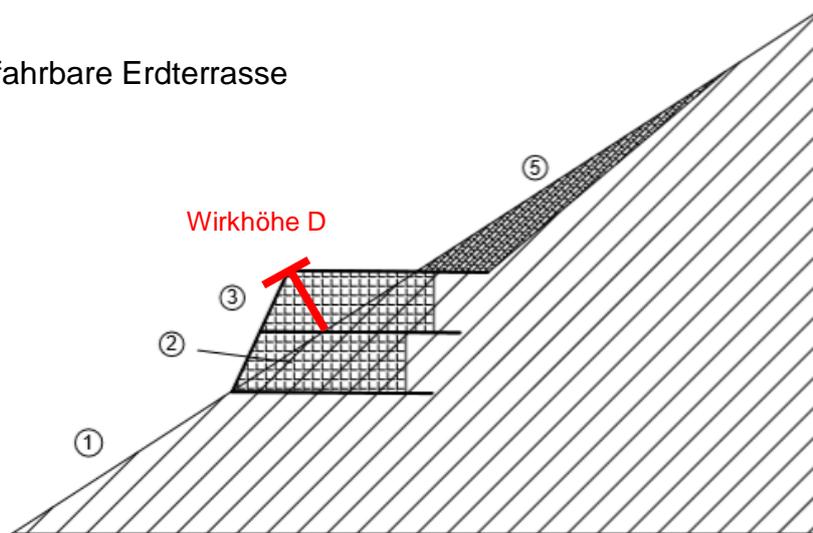
Abbildung 18:
nicht befahrbare Erdterrasse mit anschließender Begrünung
(Gbl. Bludenz)



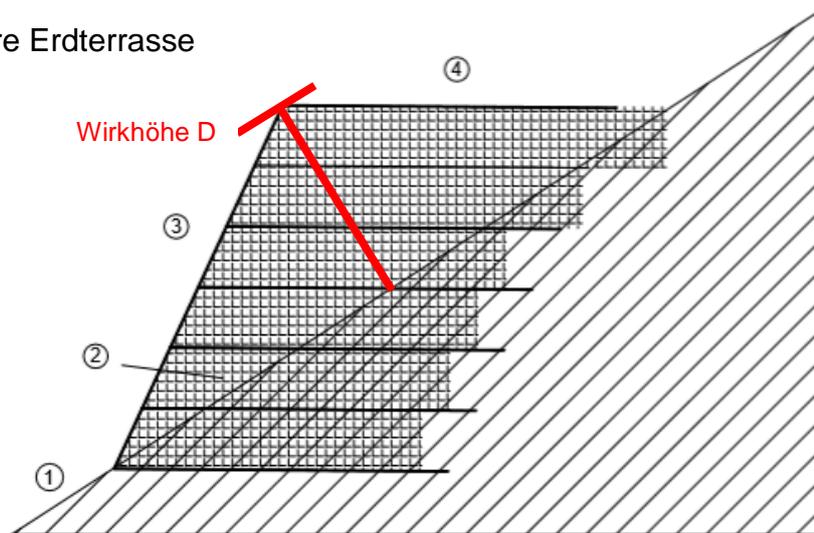
Abbildung 19:
Erdterrasse mit Geotextil und Stahlgitter
(Gbl. Bludenz)

Skizze

nicht befahrbare Erdterrasse



befahrbare Erdterrasse



- | |
|--|
| <p>1 – Urgelände, Neigung 65%</p> <p>2 – bewehrte Erde Konstruktion, Baustahl mit Geotextileinlage, Länge bei befahrbarer Terrasse: 2,5 m, bei nicht befahrbarer Terrasse: 1,5 m</p> <p>3 – Auflage je Schichtung: 0,5 m, Böschungsneigung 65°</p> <p>4 – befahrbare Breite: 2,7 m</p> <p>5 – 40 ° Böschungsabtrag</p> |
|--|

Einsatzbereich

Der Ausführung von bewehrter Erde ist sehr vielfältig, wobei in dieser Arbeit der Einsatz als Gleitschneeschutz betrachtet wird. In der Bauart wird vor allem zwischen nicht befahrbarer und befahrbarer Erdterrasse unterschieden. Gleitschneeschutzwirkung erfüllen beide Varianten, wobei natürlich der landwirtschaftliche Nutzen von befahrbaren Erdterrassen ebenso interessant ist. Das die Wlv nicht in den Wegebau zugunsten der Landwirte abgleiten darf, soll nicht unerwähnt bleiben.

Wirkungsweise

Erdterrassen wirken durch eine linienförmige Abstufung des Geländes. Die Wirkhöhe D wird von der Anzahl der Lagen bestimmt, wie in der vorangehenden Skizze ersichtlich – also wie weit der Weg über das ursprüngliche Gelände herausragt. Bei einem üblichen Weg beträgt das ca. einen Meter. Der Abstand der Terrassen ist je nach Geländeneigung und zu erwartenden Schneehöhen zu wählen – je steiler das Gelände und je größer die Schneehöhen desto geringer der Abstand.

Bau und Montage

Der Bau erfolgt in der Regel mit einem Bagger – auch eine nicht befahrbare Terrasse sollte mit einem Minibagger gebaut werden können. Das Erdmaterial vor Ort kann, wenn keine höheren Tragfähigkeiten (LKW - Befahrbarkeit) gefordert sind, verwendet werden.

Ablauf beim Bau einer Erdterrasse: kleiner bergseitiger Einschnitt wird gebaut – ein Geogitter und wenn nötig „Körbe“ aus einem Baustahlgitter werden eingelegt – Hinterfüllen der ersten Lage – Geotextil wird über der Schicht umgeschlagen - nächste Lage in gleicher Art und Weise.

Wenn möglich soll an der Außenseite humoses Material verwendet werden, damit die Böschung gut anwachsen kann.



Abbildung 20: Links – Einsetzen des Geotextil und des Stahlbogens
Rechts – Aufsetzen der zweiten Schicht

Lebensdauer

Die Lebensdauer einer mit bewehrter Erde gebauter Erdterrasse übertrifft die von Holzbauwerken. Bei entsprechender Erhaltung der Wege und Schutz des Geogitters vor UV Strahlen durch Bewuchs wird diese Bauweise sehr lange ihren Zweck erfüllen. Die Konstruktion wird auch nach der Korrosion des Baustahls noch standfähig sein. Die genaue Lebensdauer von Geotextilen ist den geprüften Herstellerangaben zu entnehmen.

Erhaltung

Zu Beachten ist, dass Gleitschneeschutzterrassen nicht beweidet werden sollen. Durch Viehtritt wird die Böschung abgetreten, wodurch die Wirkhöhe reduziert wird. Ein regelmäßiger Bewuchs der Böschung gewährleistet ebenso eine lange Lebensdauer.

Kosten

Bei einem durchgeführten Projekt in der Gebietsbauleitung Bludenz, „Fontanella FWP 2015“ ergaben sich folgende Kosten: 318 lfm befahrbare Erdterrasse wurden gebaut – pro lfm wurden ca. 45€ verrechnet.

6.6 AGS – Aufforstungsschutz und Gleitschneesicherungssystem

Beschreibung

Das System besteht aus 4 Rostbalken (variiert mit der Elementhöhe), zwei tragenden Stützen, welche die Last vertikal ableiten und zwei Stützenschuhen, welche die Last auf den Boden übertragen und gewährleisten, dass das System flexibel bleibt und innere Spannungen vermieden werden. Stütze und Stützenschuh sind nicht schlüssig verbunden.

Des Weiteren wird an der Rückseite des Systems ein Aussteifungskreuz montiert um das Element zu stabilisieren (wahlweise auch nur ein Balken, jedoch wird durch das Kreuz auch das Tragseil fixiert).

Die Fundierung bietet bei dieser Bauart den größten Vorteil. Bergseitig wird im Vorhinein ein Anker montiert, an dem bis zu 5 Elemente befestigt sind – aufwändige Fundierung für jedes Werk entfällt dadurch.



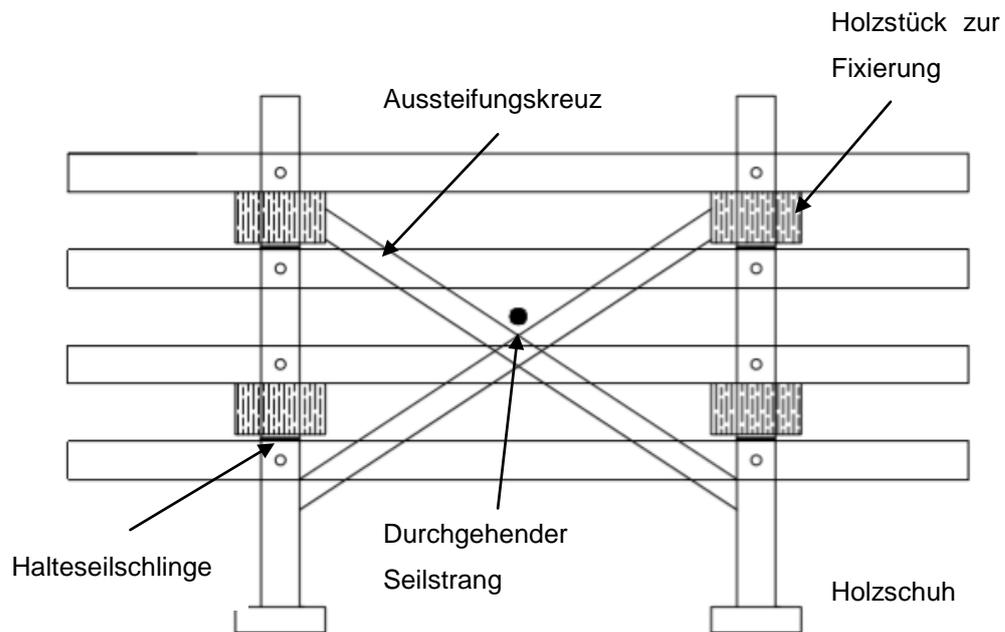
Abbildung 21: Nach der Falllinie angeordnete AGS - Systeme am Annaberg in Niederösterreich

(Markus Stracke 2002)

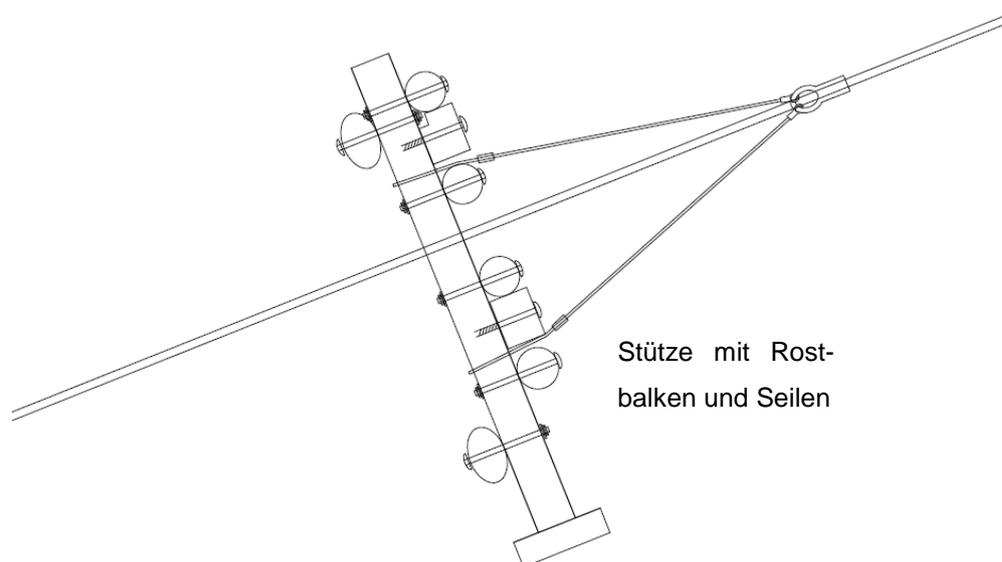


Abbildung 22: AGS - System mit vier Halteseilen, welche zu einem Hauptstrang führen.

(Markus Stracke)

Skizze

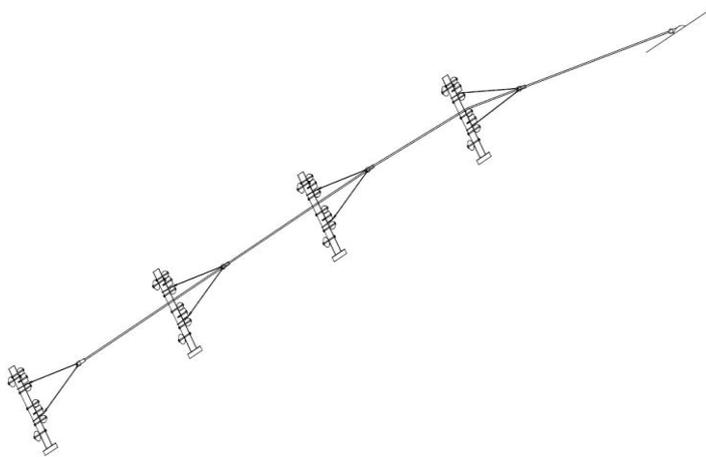
Skizze 17: Frontalansicht AGS – Aufforstungsschutz und Gleitschneesicherungssystem



Skizze 18: Aufriss AGS – System mit durchgehendem Hauptstrang

Einsatzbereich

Der Einsatz des AGS kann sehr vielfältig sein: als Anbruchschutz und Gleitschneeschutz, auf felsigem Boden oder Erdreich oder auch bei kurzer verfügbarer Montagezeit. Die Anordnung erfolgt, dem Gelände angepasst, linienförmig talwärts - weshalb der Positionierung der bergseitigen Anker besondere Bedeutung zukommt. Die Aufrostung erfolgt rottenweise um die Elemente und wird zusätzlich von den Seilen vor Wildschaden geschützt.



Skizze 19: Vertikale Anordnung des AGS – Systems (Weissensteiner 2015)

Wirkungsweise

Die Wirkung ist dem Gleitschneeschutzbock sehr gleich – das AGS ist jedoch dynamischer und kann sich geringfügig bewegen. Kriechen und Gleiten werden durch punktuelle Fixierung über die gesamte Projektfläche verhindert. Die Wirkhöhe beträgt je nach Ausführung 3 m.

Bau und Montage

„Zur Montage des AGS Systems gibt es generell zwei Möglichkeiten:

Variante 1:

Ist das Baustellengelände mit Fahrzeugen nur schlecht oder gar nicht befahrbar, können alle Elemente bereits im Tal zusammengefügt werden.

Anschließend wird jede Tragseilstruppe mit bis zu 5 AGS-Bermen mit dem Helikopter zum Verbauungsareal transportiert und in den bereits im Vorfeld hergestellten Anker eingehängt.

Diese Methode hat zwar den Vorteil, dass die Montage im Tal sicherer und schneller von statten geht und sich der Arbeitsaufwand per Helikoptermontage auch auf ein Minimum beschränkt, allerdings sind die Kosten, die durch das Anmieten eines Helikopters anfallen, deutlich höher als bei direktem Aufbau vor Ort.



Abbildung 23: Transport AGS – System mittels Hubschrauber (Markus Stracke)

Variante 2:

Ist das Baustellengelände mit dem LKW erreichbar, werden sämtliche Baumaterialien direkt zum Bestimmungsort transportiert. Im nächsten Schritt werden die Tragseiltruppen an den im Vorfeld hergestellten Seilankern befestigt und nach der jeweiligen Falllinie verlegt. Die Hölzer und Montagesets für die jeweiligen Bermen werden entlang der Tragseiltruppen an ihren vorgesehenen Positionen verteilt und zusammengebaut.“

(WETTER, WEISSENSTEINER, 2015, 39)



Abbildung 24: Links – Absetzen der Systeme entlang der Falllinie

Rechts – Montage der Systeme nach Variante zwei ohne Hubschrauber

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Maßnahmen die aus Robinienholz bestehen wird auf 30 – 50 Jahre geschätzt. Zu diesem Zeitpunkt sollte die Aufforstung das kritische Stadium, in dem Gleitschnees Schäden entstehen können, bereits überschritten haben.

Erhaltung

Die Gleitschneeböcke sind weitgehend wartungsfrei. Jedoch weisen alle natürlichen Materialien individuelle Qualitätsunterschiede auf, die deren Stabilität beeinflussen. Unvorhergesehen Ereignisse wie Steinschlag oder Fallholz können zu zusätzlichen Schäden führen. Eine jährliche Kontrolle ist Voraussetzung um größere Schäden zu vermeiden. (LEUENBERGER,F. 1989, 81)

Kosten

Ein Beispielprojekt am Annaberg in Niederösterreich liefert zuverlässige Kosten. Montiert wurden 34 Elemente auf 7 Tragseilbahnen ohne Helikoptermontage. Es ergaben sich ca. 18000 € Gesamtkosten und somit Kosten pro Element von 530 €.

6.7 Sonstige Bautypen

6.8.4. Gleitschneeschutzbock Reutte

Beschreibung

Dieser Bautyp ist dem Gleitschneeschutzbock D = 0,8 sehr ähnlich. Zwei Halbrundhölzer werden von einem Steher gestützt, deren Verbindung durch ein Kopfband hergestellt wird. Zusätzlich wird ein Rostbalken angebracht, welcher Stabilität und Druckfläche erhöhen soll.



Abbildung 25:
Variante des Gleitschneeschutzbockes im Gebiet Reutte mit einem Rostbalken und Kopfband.
(Weissensteiner 2015)

Bei der Errichtung werden Bündel zu je 8 Böcken zusammengestellt – dies entspricht ungefähr der Transportkapazität (750 – 850 kg) eines Hubschraubers Typ „Lama“, mit welchem die Böcke ins Gelände gebracht werden. Die Fundierung erfolgt durch einen Eisennagel, wobei die Form des Aushubes zusätzlich zur Stabilisierung beitragen soll – d.h. die Stützen sollten am Erdreich aufliegen. Der Einsatzbereich und die Wirkung entsprechen dem Gleitschneeschutzbock D = 0,8.

Die Gesamtkosten des Bockes belaufen sich, je nach Untergrund und Gelände, auf 90€ - 125€.

6.8.1 Druckhügel

Beschreibung

Druckhügel sind Erdhöcker, die in tiefgründigen, bindigen Böden händisch durch Ausstechen und Aufschlichten von Rasenziegeln gebaut werden. Schachbrettartig angeordnet ist die Errichtung von Druckhügel bis zu einer Hangneigung von 70% möglich. Es kann eine Wirkhöhe von bis zu $D = 0,7$ m erzielt werden.

(Wildbach- und Lawinenverbau 2002, 20)



Abbildung 26:
Druckhügel als
Gleitschneeschutz in
Kombination mit
Erdterrassen.
(Gbl. Bludenz)

Diese Bauart wird, aufgrund der vielen nötigen Arbeitsstunden, nur mehr selten angewandt – was jedoch nicht deren Wirksamkeit mindern soll. Druckhügel sind eine wirksame Maßnahme gegen Gleitschnee. Die Errichtung ist jedoch mit Sorgfalt durchzuführen, sodass die Hügel der Belastung standhalten und die Erosionsgefahr minimiert wird. Zusätzlich bilden sich an den Druckhügeln sehr gute Mikrostandorte für unterschiedlichste Flora und Fauna.

Die Wirkungsweise und der Einsatzbereich entsprechen ebenfalls den Gleitschneesutzböcken - keinesfalls sind Druckhügel in Richtung Anbruchschutz zu verwenden. Nachteilig wirken sich die vielen Böschungsanbrüche aus – eine sinnvolle maschinelle landwirtschaftliche Nutzung ist ausgeschlossen.

6.8.2. Verpfählung mit/ohne Verspannung

Beschreibung

Die Verpfählung wurde in der Vergangenheit viel und effektiv eingesetzt. Diese Bauart ist von der Art der Wirkung einem Schutzwald sicherlich am nächsten. Die Stahlrohre oder Robinienpfähle werden linienförmig versetzt angeordnet und eingeschlagen. Der Aufwand für 1 ha Verpfählung (rund 2300 Pfähle bei 80% Hangneigung) liegt bei 1600 Stunden. Weiteres bietet verspannte Verpfählung weitgehend Schutz vor Wildschäden. (Wildbach- und Lawinenverbau, 1987, 114f)



Abbildung 27:
Verpfählung mit Abspannung als Aufforstungsschutz im Raum Galtür
(Weissensteiner 2015)

Von der ursprünglichen Form – ohne Drahtverspannung – wurde abgewichen. Durch die Abspannung auf den Fußpunkt des vorderen Pfahles konnte die Fundierung auf einen halben Meter reduziert werden.

Das Besondere an der abgespannten Verpfählung ist, dass es auf Belastungen dynamisch reagiert. Der Schneedruck auf die durchhängenden Drähte kompensiert den Druck auf die Pfähle und kann Spitzendrücke ausgleichen. Gespannt montierte Drähte verweigern dies und führen unweigerlich zum Bruch der Drähte. Die Begünstigung der Aufforstung durch verminderten Wildeinfluss sollte in der Kostenkalkulation nicht vernachlässigt werden. HEUMADER, J., Interview (2015)

6.8.6. Hängeschneebrücken D = 1,5

Beschreibung

Hängeschneebrücken werden sowohl als Gleitschneeschutz, als auch als Anbruchschutz mit einer Wirkhöhe von 1,5 Meter, vor allem auf felsigem Untergrund bis zu 45°, verwendet. Die Werke werden nicht als Stützwerke sondern als Hängewerke ausgeführt (siehe auch AGS). Dadurch entfällt ein großer Teil an Fundierungsarbeiten. Zwei bergseitig montierte Felsanker nehmen die Zugkräfte auf. Als Baustoff wird zumeist eine Kombination von Holz und Stahl gewählt.



Abbildung 28:
Hängewerke als Gleit-
schneeschutz
(Gbl. Bludenz)

Die Montage ist sehr ähnlich wie bei den Gleitschneeböcken. Im Gelände werden die Punkte ausgesteckt und mittels einer Lehre die Rückhängung festgelegt. Das Material wird mit dem Hubschrauber in das Gelände gebracht und montiert – die Rostbalcken mit Drähten fixiert.

Ablaufbeispiel: Aushub – Bohren – das Fußseisen mit dem Anker im Mörtel versetzen – mit der Lehre bestimmen wo der Anhängpunkt ist – der obere Anker wird gebohrt und der Ankerstab mit Mörtel verpresst – nach der Aushärtung wird der Träger gesetzt und mit dem Seil zurückgehängt – Bedielung wird mit Drähten befestigt.

Schäden entstehen, vor allem bei fehlendem Windverband, durch eine parallel Verschiebung der Werke oder Ausziehen der Anker.

6.8.6. Pflugbermen

Beschreibung

Als Maßnahme ohne Materialeinsatz, jedoch mit sehr begrenzter Wirkhöhe, haben sich Bermen bewährt. Dabei wird ein einschariger Pflug mittels Motorseilwinde quer über den Hang gezogen und dadurch Furchen – ähnlich den Wegen von Weidevieh – gebildet. Diese Methode bedingt jedoch einen pflügbaren Untergrund und erfordert ebenso Know-how wie die Furchen gelegt werden, damit die Wirkung entsteht und die Erosion minimiert wird.



Abbildung 29:

Links – Pflugbermen innerhalb einer Stützverbauung.

Oben – Mit Motorwinde gezogener Bermenpflug.

(Weissensteiner 2015)

Bei der Ausführung dieser Pflugbermen muss jedoch einiges beachtet werden. Pro Berme wird jeweils eine Furche als Anker gelegt („Grundfurche“) und eine zweite Furche darauf („Deckfurche“), damit eine merkbare Struktur des Hanges entsteht. Dabei soll einerseits die Ankerfurche nicht von der Grasnarbe getrennt werden und andererseits die zweite Furche gut auf der ersten Furche positioniert werden. Weiteres ist zu beachten, dass sich durch Bermen ökologisch wertvolle Mikrostandorte bilden und sich in den Furchen gesetzte Pflanzen durch genügend Feuchtigkeit gut entwickeln können.

HEUMADER, J., Interview (2015)

7. Diskussion der Ergebnisse

Ein wesentliches Ziel dieser Arbeit ist die Diskussion und Darstellung der verschiedenen Bautypen. Eine sinnvolle graphische Darstellung konnte ich durch das Bautypenvergleichsdiagramm (BVD) erreichen. Auf der Abszisse sind folgende Parameter angeführt:

- Wirkung Gleitschneeschutz
- Max. Neigung
- Wirkhöhe
- Nötige Bodentiefgründigkeit
- Kosten/Stk. oder lfm
- Schadanfälligkeit
- Montageaufwand
- Lebensdauer
- Ästhetik
- Wildwirkung
- Materialeinsatz
- Einsatzhäufigkeit

Alle Bautypen sind auf der Ordinate eingetragen. Dadurch ergibt sich eine relativ übersichtliche Graphik, auf der rasch alle wichtigen Informationen abgelesen werden können.

Um die Übersichtlichkeit zu Verbessern unterschied ich zusätzlich in Material aufwendige Bautypen und in Material nicht aufwendige Bautypen. Ebenso verzichtete ich zugunsten der Lesbarkeit auf die genauen Werte der Parameter.

Dieser Umstand muss beachtet werden, damit bei den unterschiedlichen Skalierungen der Achsen die richtigen Schlussfolgerungen gezogen werden können.

7.1 BVD - Bautypenvergleichsdiagramme

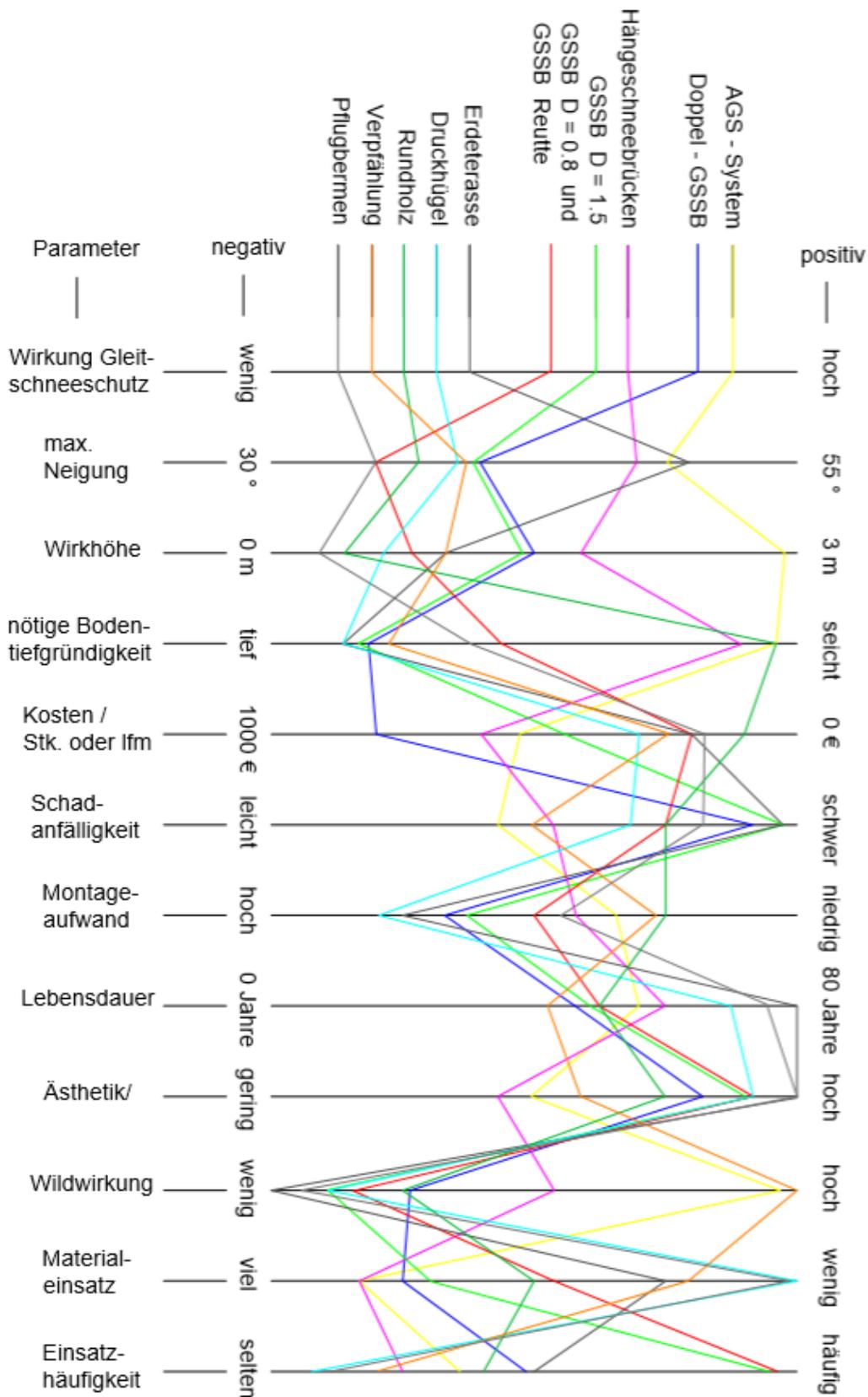


Abbildung 30: BVD 1 – Bautypenvergleichsdiagramm, GSSB = Gleitschneeschutzbock (WEISSENSTEINER 2018)

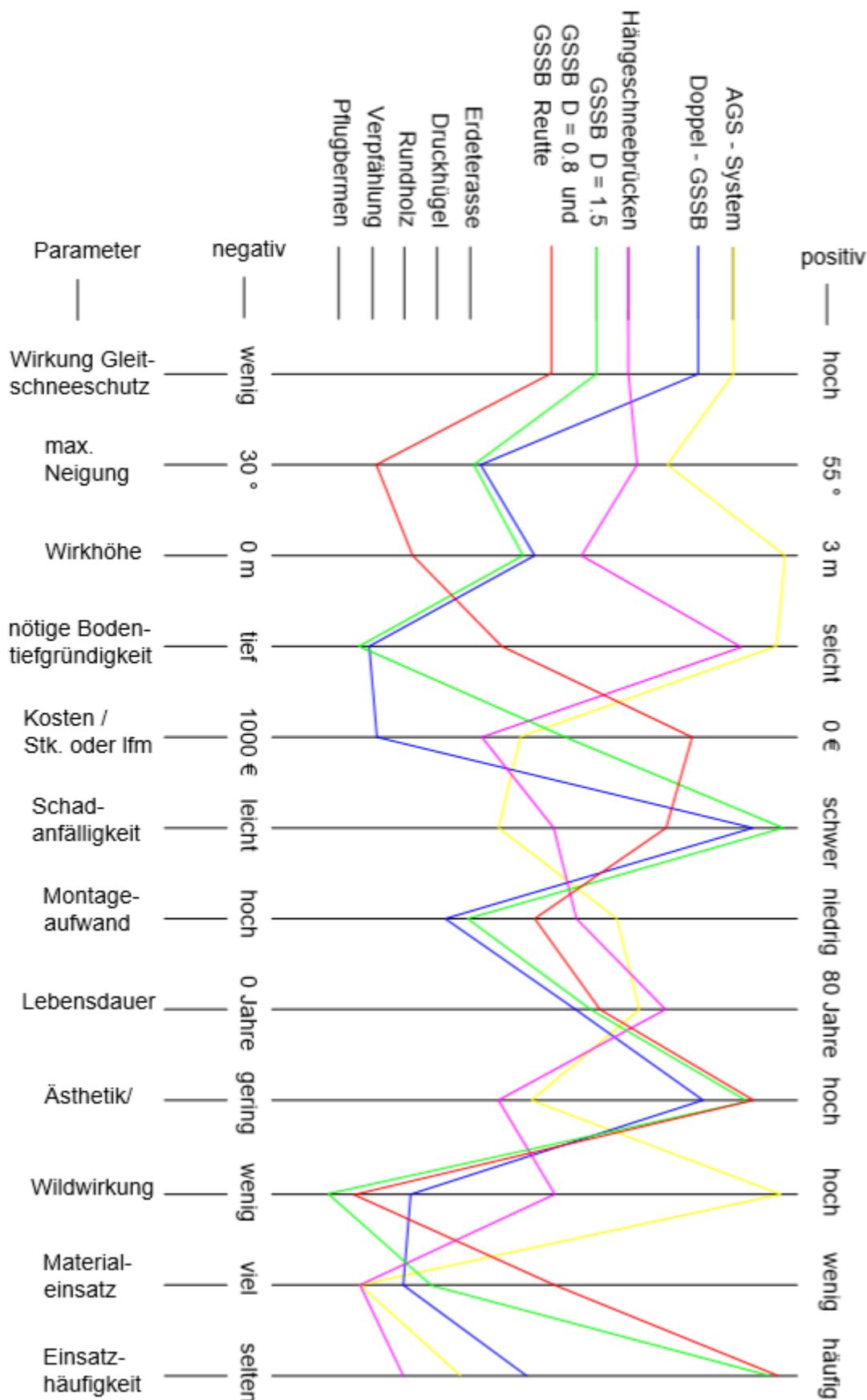


Abbildung 31: BVD 2 für Bautypen mit hohem Materialbedarf, GSSB = Gleitschneeschutzbock (WEISSENSTEINER 2018)

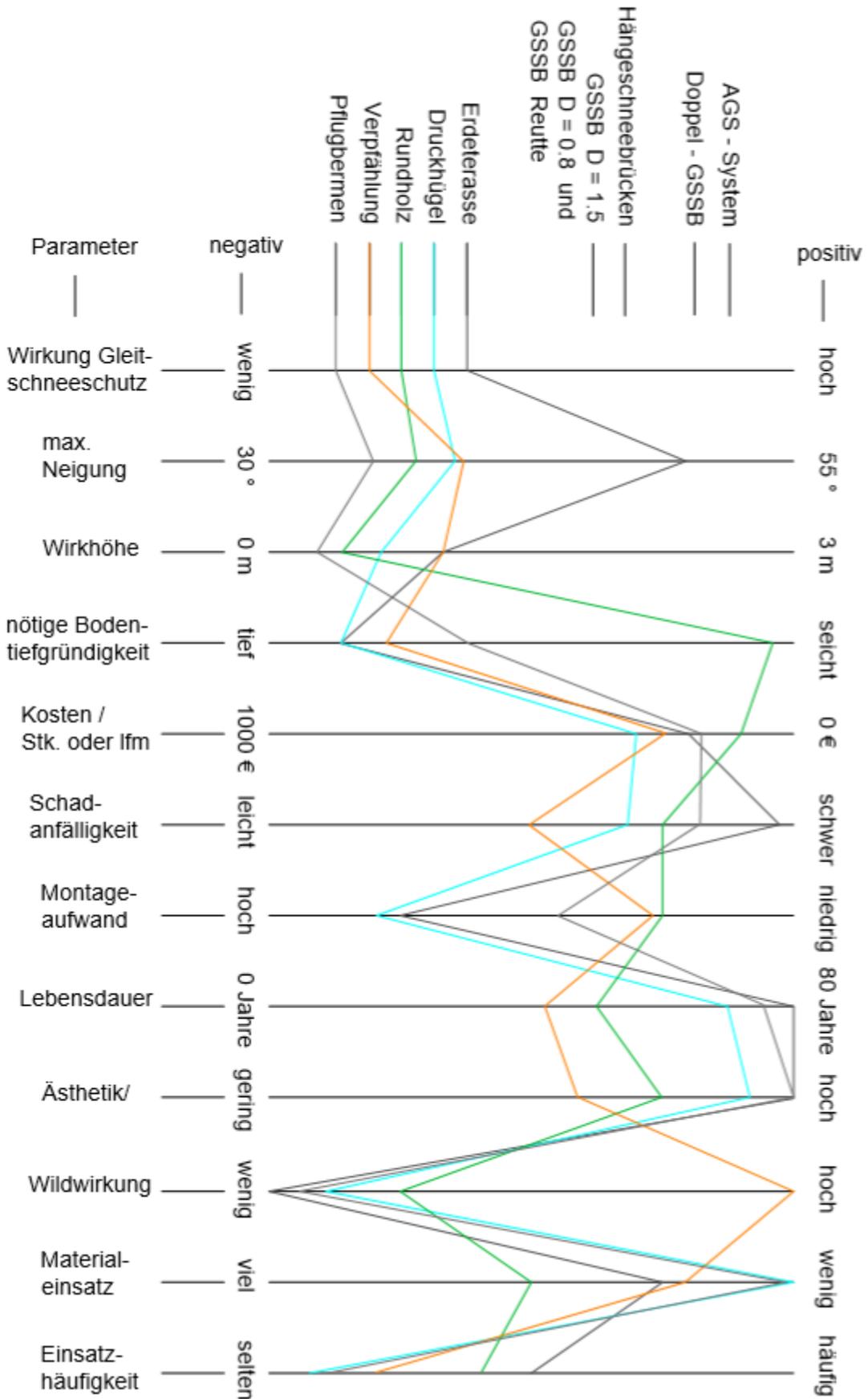


Abbildung 32: BVD 3 für Bautypen mit geringem Materialbedarf, GSSB = Gleitschneeschutzbock (WEISSENSTEINER 2018)

7.2 Kostentabelle

Verbauungstyp	Positionen	Kosten
Gleitschneeschutzbock D = 0,8	Material (Steher, Stützen, div. Verbindungen, Ankernagel) + Vorfertigung + Transport mit Lkw und Helikopter + Montage	150 – 200 € Stk.
Gleitschneeschutzbock D = 1,5	Material (Steher, Stützen, Rostbalken, div. Verbindungen, Ankerrohre) + Vorfertigung + Transport mit Lkw und Helikopter + Montage	350 – 580 € Stk.
Doppelgleitschneeschutzbock	Material (Steher, Stützen, Rostbalken, div. Verbindungen, Ankerrohre) + Vorfertigung + Transport mit Lkw und Helikopter + Montage	750 - 800 € Stk.
Gleitschneeschutzbock Reutte	Material (Steher, Stützen, div. Verbindungen, Ankernagel) + Vorfertigung + Transport mit Lkw und Helikopter + Montage	90 – 125 € Stk.
Rundholz mit Seilanker	Rohmaterial (Seile, Anker, Rundhölzer, div. Verbindungen) + Lkw Transport	**100 € Stk.
Befahrbare Erdterrassen	Geotextil und Stahlgitter + Bagger + Grab- und Montagearbeiten	ca. 45 € lfm.
Pflugbermen	Kein Materialeinsatz 0,05 Arbeitsstunden/lfm	*2 € lfm
Druckhügel D = 0,7	Kein Materialeinsatz Grabarbeiten	200 – 300 € Stk.

Verpfählung	Rohmaterial (Draht, Pfähle) + Lkw Transport + Montage	*25 € Stk.
AGS	Material (Stützen, Rostbalken, Seil- stränge, div. Verbindungen) + Vorferti- gung + Transport (ohne Helikopter) + Montage	ca. 530 € Stk.
Hängeschneebrücken	Material (Stützen, Rostbalken, Seil- stränge, div. Verbindungen) + Vorferti- gung + Transport (ohne Helikopter) + Montage	**600 € Stk.

Tabelle 5: Kostenvergleichstabelle.

* Kennzeichnen veraltete Preise;

** Kennzeichnen geschätzte Preise aufgrund fehlender Datenlage.

Die jeweiligen Preise können keineswegs absolut sein – die starke Abhängigkeit vom Gelände, Transportwege/-art, Fundierung usw., können bei diesen Angaben zu starken Abweichungen führen. (WEISSENSTEINER 2018)

7.3 Interpretation des Bautypenvergleichsdiagramms

Wie in Abb. 31 und 32 ersichtlich, habe ich – aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Signifikanz der Unterschiede - eine Einteilung der Bautypen in materialaufwendige und nicht materialaufwendige Bautypen unternommen.

Daraus ergeben sich bereits beim ersten Parameter, der Wirkung, deutliche Unterschiede. Materialaufwendigere Bautypen haben durchgehend eine höhere Wirkung, was natürlich auf die Bauhöhe zurückzuführen ist. Typen wie Druckhügel oder Pflugbermen (ohne Material) sind in der vertikalen Wirkung sehr begrenzt.

Der Parameter max. Neigung ist sehr gestreut. Wobei auffällig ist, dass Typen mit wenig Material einen niedrigeren Wert aufweisen, was sich leicht durch die begrenzte Böschungsfähigkeit von Erdmaterial erklären lässt – als Ausnahme natürlich bewehrte Erde. Bauweisen, deren Fundamente eingegraben werden (wie zum Beispiel die Gleitschneeböcke) sind im mittleren Bereich angesiedelt und Typen die auf Seilen

hängen natürlich im oberen Bereich. Dies ist ebenso selbsterklärend, weil Fundamente nur bis zu einer Neigung von ca. 45° gegraben werden können.

Die Wirkhöhe korreliert sehr stark mit der Wirkung im Allgemeinen. Gleitschneemaßnahmen sind dazu entwickelt worden, um im unteren Schneebereich zu wirken. Jedoch kann es nützlich sein, wenn Gleitschneeschutzmaßnahmen auch in Richtung Anbruchschutz wirken. Das Diagramm zeigt, dass Bautypen ohne Material eine geringe Wirkhöhe besitzen und Typen mit mehr Materialeinsatz vertikal höher wirken – eine Tatsache, die wiederum durch die begrenzte Böschungsfähigkeit von Erdmaterial herbeigeführt wird.

Bodentiefgründigkeit ist ein Thema bei jedem Baufeld der Wildbach- und Lawinerverbauung. Der Untergrund bestimmt im Wesentlichen die Ankerungsmöglichkeit der Baumaßnahme. Einen großen Vorteil haben in diesem Bereich die Hängebauwerke. Typen, die auf einem Felsanker hängen, benötigen keinen tiefgründigen Boden, wie zum Beispiel das AGS- System, die Hängeschneebrücke oder das verankerte Rundholz.

Der ausschlaggebendste Faktor sind die Kosten für Bau und Montage. Leider stehen keine Preise pro Hektar Verbauung zur Verfügung – nur auf dieser Ebene, d.h. eine wirkungsvolle Verbauung mit einem Bautyp pro Hektar bei genau denselben Rahmenbedingungen, würde eine exakte Preisvergleichbarkeit gewährleisten. Ich habe versucht, die Maßnahmen nach bereits durchgeführten Projekten mit einem repräsentativen Wert einzuordnen. Auch standen mir teils nur veraltete Preise zur Verfügung. Auffällig ist, dass der kleine GSSB (Gleitschneeschutzbock) mit einer Wirkhöhe von 0.8 m im niedrigen Preissegment – jedoch mit ausreichender Wirkung angesiedelt ist. Das führt auch dazu, dass dieser Bautyp mit Sicherheit am häufigsten angewendet wird. Ebenso sind Maßnahmen mit wenig Material billiger, aufgrund der wegfallenden Kosten für Material und Vorfertigung.

Die Schadanfälligkeit wird stark von der Flexibilität der Maßnahmen bestimmt. Bewegliche Systeme mit Seil ohne fixe Ankerung können eher verschoben oder verdreht werden, wie zum Beispiel der Gleitschneebock $D = 1,5$ m, bei dem alle Stützen und Steher separat geankert sind.

Hinsichtlich der Montage im Gelände ergeben sich zwischen den Bautypen Unterschiede, je nach Vorfertigung am Bauhof oder nicht. Das AGS – System kann beispielsweise komplett vorgefertigt werden und dann mittels Hubschrauber in das Gelände eingebracht werden. Bautypen wie die Erdterrasse werden direkt im Gelände gebaut und erfordern ein höheres Maß an Montagezeit.

Bezugnehmend auf die Lebensdauer ist eine Interpretation keine große Schwierigkeit. Der Großteil der Maßnahmen wird aus Holz gebaut, was eine natürliche Ablaufzeit – je nach Einsatz und Schutz – von ca. 30 - 50 Jahren mit sich bringt. Hingegen sind Typen ohne Holz je nach Pflege mit einer Lebensdauer von über 80 Jahren keine Seltenheit.

Die Ästhetik liegt immer im Auge des Betrachters. Jedoch fügen sich Bauwerke, die keine geraden Linien oder kein Material mit sich bringen, sehr gut in die Landschaft ein. GSSB rottenweise verteilt kommen einem Wald am nächsten und passen sich gut ans Gelände an. AGS - Systeme, die der Falllinie entlang angeordnet sind, bringen auffallende Konturen mit sich, die der Natur wenig gleichen.

Verhinderung des Wildeinflusses sollte nicht vernachlässigt werden. Da Gleitschneemaßnahmen weitgehend zum Schutz für Aufforstungen montiert werden, sind Systeme mit Seilabspannung am effektivsten. Dazu zählt zum Beispiel die Verpfählung mit Abspannung – Erfahrungen zeigen, dass Wild diese Gebiete meidet, sowie AGS - System oder auch Hängewerke.

Die Einsatzhäufigkeit korreliert mit der Wirkung und den dazu gegenüberstehenden Kostenfaktor, wobei der Wirkung Vorrang gegeben werden muss. Die häufigste Bauweise ist, aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und der akzeptablen Kosten, der Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$ und der Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$. Verschiedenste Formen dieser GSSB sind in Österreich im Einsatz.

9 Zusammenfassung

Dem Einsatz von Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich geht ein langer iterativer Prozess voraus. Einfache Maßnahmen wurden in der Praxis versucht und über die Jahre hin verbessert und angepasst. Dass dieser Prozess in beinahe jeder Gebietsbauleitung separat abläuft ist durchaus begründet, da jede Region unterschiedliche Rahmenbedingungen mit sich bringt.

In dieser Arbeit versuchte ich, die bewährtesten und gebräuchlichsten Systeme aufzuzeichnen, wobei ich vor allem in der Gebietsbauleitung Bludenz (Sektion Vorarlberg) und in der Gebietsbauleitung Oberes Inntal (Sektion Tirol) fündig wurde. Nach Aufnahmearbeiten im den Sommermonaten 2015, konnte ich genügend Datenmaterial für diese Arbeit zusammenstellen.

Von Anfang an war der Gedanke an eine Vergleichbarkeit der Bautypen im Vordergrund – welchen ich größtenteils in meinem BVD (Bautypenvergleichsdiagramm) umsetzen konnte. Vor allem das unterschiedliche Einsatzgebiet der Maßnahmen mit den unterschiedlichen Rahmenbedingungen machte das zu einer schwierigen Aufgabe und bringt viel weiteren Arbeits- und Versuchsbedarf mit sich, der den Rahmen dieser Arbeit jedoch sprengen würde.

Ich untersuchte in dieser Arbeit die Maßnahmen nach folgenden Parametern:

- Wirkung
- Kosten
- Schadanfälligkeit
- Wirkhöhe
- Montageaufwand
- Materialaufwand
- Lebensdauer
- max. Neigung
- erf. Bodengründigkeit
- Ästhetik
- Wildwirkung
- Einsatzhäufigkeit

Diese Parameter stellte ich im BVD anschaulich dar. Ein angehängter Bautypenkatalog stellt in aller Kürze die verschiedenen Bautypen vor. Eine Wertung oder Empfehlung nehme ich in dieser Arbeit nicht vor, da - wie bereits erwähnt - Österreich ein sehr vielseitiges Land mit unterschiedlichsten Rahmenbedingungen darstellt und keine Generallösung gefunden werden kann!

10 Anhang

a. Literaturverzeichnis

BARANDUN, J. (1983): Aufforstung in hohen Lagen. Schweizer Z. Forstwesen. 134, 6: 431 - 441

BUWAL (Eidgenössische Forstdirektion), WSL (Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung), (1990): Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Bern: EDMZ – Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale

FELLIN, W. (2013): Einführung in Eis-, Schnee- und Lawinenmechanik. 1 Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

FIERZ, C. et al. (2009): The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP – VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.

HEUMAHDER, J. (2015): WLW Gebietsbauleiter in Ruhe, Interview und Besichtigung während der Aufnahmetätigkeiten im Sommer 2015.

IN DER GAND, H. (1968): Aufforstungsversuche an einem Gleitschneehang; Schweizer Anstalt f.d. Forstl. Versuchswesen, Bd. 44, Heft 3, 1968

LEUENBERGER, F. (1989): Handbuch/Bauanleitungen, Temporärer Stützverbau und Gleitschneeschutz, 1. Auflage, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Flüelstrasse 11, 7260 Davos-Dorf.

LWF AKTUELL. (2009): Magazin der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Mitgliederzeitschriften des Zentrums Wald-Forst-Holz Weißenstephan, Ausgabe 4 – 2009; ISSN 1435 – 4098, Erscheinungsdatum der Ausgabe: 6. Juli 2009, Herausgeber: Olaf Schmidt für die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und Prof. Dr. Manfred Schölch für das Zentrum Wald-Forst-Holz Weißenstephan

MAIR, R.; NAIRZ, P. (2010): Lawinen – Die 10 entscheidenden Gefahrenmuster erkennen. Innsbruck: Tyrolia Verlag

MAYER, H.; Ott, E.; (1991): Gebirgswaldbau und Schutzwaldpflege, Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz, 2.Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1991

RUDOLF - MIKLAU, F.; SAUERMOSE, S. (Hrsg.) (2011): Handbuch Technischer Lawinenschutz. 1 Auflage, Berlin: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.

SCHÖNENBERGER, W. (1986): Rottenaufforstung im Gebirge, Sonderdruck aus der Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 137 (1986) 6: 501 – 509

SUDA, J., RUDOLF-MIKLAU, F. (2012): Bauen und Naturgefahren, Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz, Springer-Verlag/Wien

WAGENFÜHR, R., SCHEIBER, C., (1985): Holzatlas, VEB Fachbuchverlag Leipzig 1985, 2. Auflage

WETTER, F., WEISSENSTEINER, M. (2015): Bachelorarbeit „AGS – Lawinenschutzsystem im Vergleich“, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien

WILDBACH- UND LAWINENVERBAU (2002): Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, S. 20,

WILDBACH- UND LAWINENVERBAU (1987): Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, S. 114f, Heft 105, Druckereibetrieb Hans Egger Ges.m.b.H., Langgasse 52a, 6460 Imst.

ZELLER, E. (1977): Pflege von Fichtenaufforstungen im Gebirge. Bündnerwald 30, 6: 197 – 202

b. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gleitschneebewegungen oberhalb eines Einfamilienhauses	9
Abbildung 2: Gleitschneeschtzbocke innerhalb einer Anbruchverbauung	16
Abbildung 3: Wirkungsweise eines Gleitschneebockes	16
Abbildung 4: Säbelwuchs mit aufgespaltenen Stammfuß	28
Abbildung 5: Schaddruckbild an einer ca. 12 jährigen Fichte	28
Abbildung 6: Umgedrückte Jungpflanze	28
Abbildung 7: Kriechen und Gleiten in der Schneedecke	29
Abbildung 8: Gleitschneeschtzbock $D = 0.8$ innerhalb einer kombinierten Stützverbauung	36
Abbildung 9: Versagen eines Gleitschneeschtzbock	36
Abbildung 10: Zum Transport gebündelte Gleitschneeschtzbocke	39
Abbildung 11: Ankerung der Stützen mittels Pressluft	39
Abbildung 12: Reihenweise angeordneter Gleitschneeschtzbock $D 1.5$	47
Abbildung 13: Gleitschneeschtzbock $D 1.5$ mit dreifacher Bedielung	47
Abbildung 14: Links – Einschlagen des Ankers mittels Pressluft und Spezialaufsatz	51
Abbildung 15: Fertig montierte Doppelgleitschneeschtzbocke	60
Abbildung 16: Doppelgleitschneeschtzbocke mit Verjüngung	60
Abbildung 17: Verankerte Rundhölzer	71
Abbildung 18: Nicht befahrbare Erdterrasse	79
Abbildung 19: Erdterrasse mit Geotextil und Stahlgitter	79
Abbildung 20: Links – Einsetzen des Geotextil und des Stahlbogens	82
Abbildung 21: Nach der Falllinie angeordnete AGS - Systeme am Annaberg in Niederösterreich	83
Abbildung 22: AGS - System mit vier Halteseilen, welche zu einem Hauptstrang führen.	83
Abbildung 23: Transport AGS – System mittels Hubschrauber	86
Abbildung 24: Links – Absetzen der Systeme entlang der Falllinie	86
Abbildung 25: Variante des Gleitschneeschtzbockes in Reutte	88
Abbildung 26: Druckhügel als Gleitschneeschtz	89
Abbildung 27: Verpfählung mit Abspannung	90
Abbildung 28: Hängewerk in Holz,- Stahl Kombination	91
Abbildung 29: Pflugbermen und Bermenpflug	92
Abbildung 30: BVD 1 – Bautypenvergleichsdiagramm	94
Abbildung 31: BVD 2 für Bautypen mit hohem Materialbedarf	95
Abbildung 32: BVD 3 für Bautypen mit geringem Materialbedarf	96

c. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Bodenklassen und Gleitfaktoren</i>	31
<i>Tabelle 2: Materialliste Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$</i>	38
<i>Tabelle 3: Materialliste Gleitschneebock $D = 1.5$</i>	50
<i>Tabelle 4: Abstandstabelle verankerter Rundhölzer</i>	73
<i>Tabelle 5: Kostenvergleichstabelle.</i>	98

d. Skizzenverzeichnis

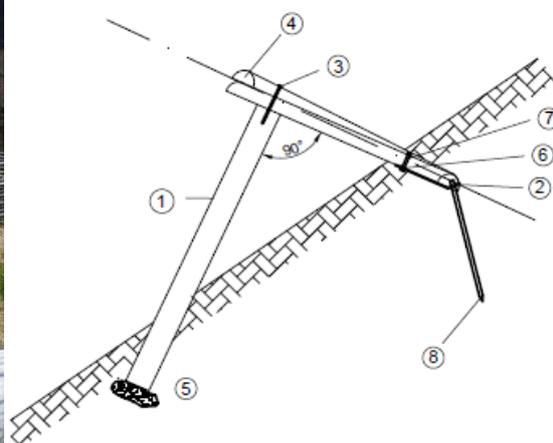
<i>Skizze 1: Zuschlag zum Schneedruck bei nicht hangsenkrechter Stützfläche</i>	33
<i>Skizze 2: Schneedruckverteilung in den Randbereichen</i>	33
<i>Skizze 3: Aufriss Gleitschneeschutzbock</i>	37
<i>Skizze 4: Frontalansicht Gleitschneeschutzbock $D = 0.8$</i>	37
<i>Skizze 5: Kriech- und Gleitbelastung auf einen Gleitschneeschutzbock</i>	40
<i>Skizze 6: Belastungsbreite auf Gleitschneeschutzbock</i>	40
<i>Skizze 7: Lasteinflussfläche auf Gleitschneeschutzbock</i>	41
<i>Skizze 8: Idealisieretes statisches System eines Gleitschneeschutzbockes $D = 0.8$</i>	41
<i>Skizze 9: Aufriss Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$</i>	48
<i>Skizze 10: Frontalansicht Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$</i>	49
<i>Skizze 11: Systemskizze Gleitschneeschutzbock $D = 1.5$</i>	51
<i>Skizze 12: Frontalansicht und Aufriss Doppelgleitschneeschutzbock</i>	61
<i>Skizze 13: Einflussfläche Rostbalken</i>	64
<i>Skizze 14: Anordnungsschema von verankerten Rundhölzern</i>	71
<i>Skizze 15: Aufriss eines verankerten Rundholzes</i>	72
<i>Skizze 16: Draufsicht eines verankerten Rundholzes</i>	72
<i>Skizze 17: Frontalansicht AGS – Aufforstungsschutz und Gleitschneesicherungssystem</i>	84
<i>Skizze 18: Aufriss AGS – System mit durchgehendem Hauptstrang</i>	84
<i>Skizze 19: Vertikale Anordnung des AGS – Systems</i>	85

e. Bautypenkatalog

Gleitschneeschutzbock D = 0.8

Beschreibung

Dieser Bautyp ist die einfachste Variante des Dreibeinbockes und zeichnet sich durch einfache Montage, geringer spezifische Arbeitszeit und einem geringen finanziellen Aufwand aus. Es werden keine Bedielungshölzer angebracht und die Fundierung ist relativ einfach mit Stahlnägeln und Stein. Die Wirkhöhe D beträgt 0,8m.



Bau und Montage

Die vorgebohrten und abgelängten Steher, Stützen und sonstigen Materialien werden auf einem LKW erreichbaren Lagerplatz angeliefert. Vor Ort werden Ankerlaschen montiert, Holzverbinder und Stahlbänder eingeschlagen und 10 Gleitschneeschutzböcke für einen Transportflug gebündelt. Nach Anlieferung mit dem Hubschrauber werden 3 Ankerlöcher je Bock ausgehoben, die Steher und Stützen eingesetzt und mit Stahlnägeln verbunden. Je nach Boden und Transportverhältnissen werden 3 h Montagezeit pro Bock benötigt.

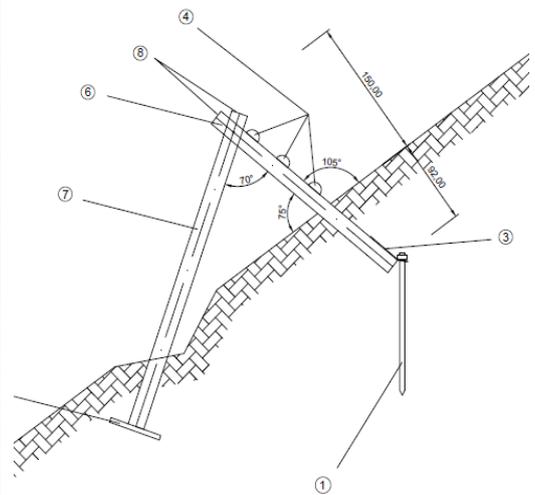
Kosten

Der finanzielle Aufwand ist sehr stark von den Bodenverhältnissen und Transportwegen abhängig. Als repräsentativer Wert können 200€/Stk. angenommen werden.

Gleitschneeschutzbock D = 1.5

Beschreibung

Die gute Fundierung und die stabile Bauweise lassen eine Wirkhöhe von 1,5 m zu. Dadurch kann dieser Bautyp sekundär auch als Lawinenanbruchschutz verwendet werden.



Einsatzbereich

Der Gleitschneeschutzbock D 1,5 wird vorwiegend als Aufforstungshilfe sowie als Lawinenanbruchschutz verwendet. Durch die starke Dimensionierung und stabile, betonlose Fundierung ist dieser Bautyp als alleinige Maßnahme auch für große Schneehöhen ausreichend. Angeordnet wird dieser Dreibeinbock zeilenförmig/rasterartig, der Aufforstung entsprechend.

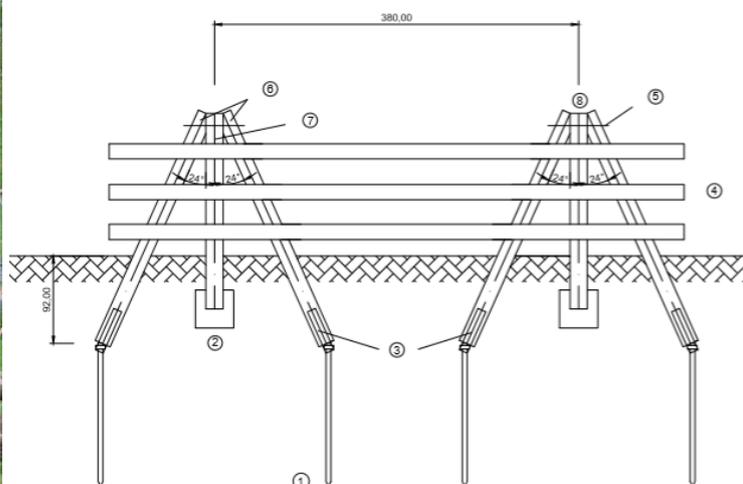
Kosten

Der finanzielle Aufwand ist sehr stark von den Bodenverhältnissen und Transportwegen abhängig. Als repräsentativer Wert können 500€ pro Stück angenommen werden.

Doppelgleitschneeschutzbock

Beschreibung

Zwei Böcke werden mit 6 Meter langen Bedielungshölzern zu einer Schneebrücke verbunden – somit wird auch die Schutzwirkung deutlich erhöht. Angewendet wird der Bautyp vor allem in Projektgebieten neben Straßen - durch die durchgehende Bauweise besteht keine Verschüttungsgefahr der Infrastruktur.



Erhaltung

Erhaltungskosten können vor allem bei Steinschlag oder Windwurfschäden entstehen. Der Vorteil von jedem Holzbauwerk ist jedoch, dass, in diesem Fall zum Beispiel die Bedielungshölzer, einfach brechen ohne das restliche Bauwerk zu verformen, wie es bei einem Stahlwerk der Fall wäre. Gebrochene Hölzer können dann meist mit geringem Aufwand ausgetauscht werden.

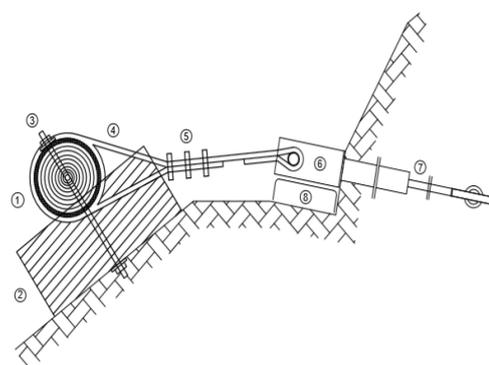
Kosten

Dabei wurden insgesamt 270 lfm geplant und installiert. Daraus folgt ein Preis von 760€ pro Doppelwerk, welcher sich aus Bau-, Transport- und Montagekosten zusammensetzt.

Rundhölzer mit Seilanker

Beschreibung

Verankerte Rundhölzer haben sich als Hilfsmaßnahme gegen Gleitschnee, vor allem zwischen Schneebrücken und oberhalb von Straßen, trotz der geringen Wirkhöhe, sehr bewährt. Die einfache, niedrige Bauweise und die schnelle Montage heben diesen Bautyp besonders hervor, wodurch der Einsatz auf Skirouten naheliegend ist.



Wirkungsweise

Die Verringerung des Kriech- und Gleitvorgangs erfolgt durch lineare Fixierung der Schneedecke im Gegensatz zu Gleitschneesutzböcken, welche die Schneedecke punktuell fixieren. Es ergibt sich dadurch eine durchgehende „Verbauung“ mit dem Vorteil, dass auch Geröll zurückgehalten wird – deshalb auch der Einsatz oberhalb von Straßen.

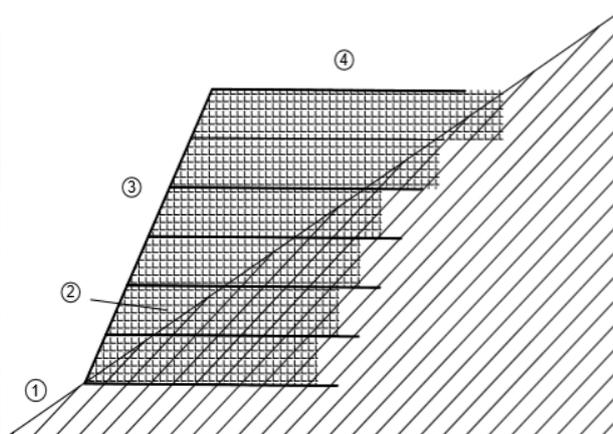
Lebensdauer

Rundhölzer werden ausschließlich zur Reduktion von Schneekriechen und Schneegleiten eingesetzt, mit begleitender Aufforstung - eine Lebensdauer von 30 – 50 Jahren ist daher ausreichend. Durch konstruktiven Holzschutz und sorgsamem Umgang an den Rundhölzern und deren Seilverbindung lässt sich die Dauerhaftigkeit einfach erhöhen.

Erdterrassen

Beschreibung

Die bewehrte Erde findet vor allem in der Böschungssicherung vielfachen Einsatz. Mit relativ geringem Einsatz – im Gegensatz zur Steinschichtung – kann eine Böschungsniegung von 65° erreicht werden ohne die statische Belastbarkeit zu vermindern. Dadurch kann eine linienförmige Abstufung des Geländes erzeugt werden welche den Schneedruck aufnimmt. In den meisten Fällen kann auch das Material vor Ort verwendet werden. Die Wirkhöhe einer befahrbaren Erdterrasse beträgt ca. 1 m; einer nicht befahrbaren ca. 0.5 m.



Bau und Montage

Ablauf beim Bau einer Erdterrasse: kleiner bergseitiger Einschnitt wird gebaut – ein Geogitter und wenn nötig „Körbe“ aus einem Baustahlgitter werden eingelegt – Hinterfüllen der ersten Lage – Geotextil wird über der Schicht umgeschlagen - nächste Lage in gleicher Art und Weise. Wenn möglich soll an der Außenseite humoses Material verwendet werden, damit die Böschung gut anwachsen kann.

Kosten

Bei einem durchgeführten Projekt ergaben sich folgende Werte: 318 lfm befahrbare Erdterrasse wurden gebaut – pro lfm wurden ca. 45€ verrechnet.

AGS – Aufforstungs- und Gleitschneesicherungssystem

Beschreibung

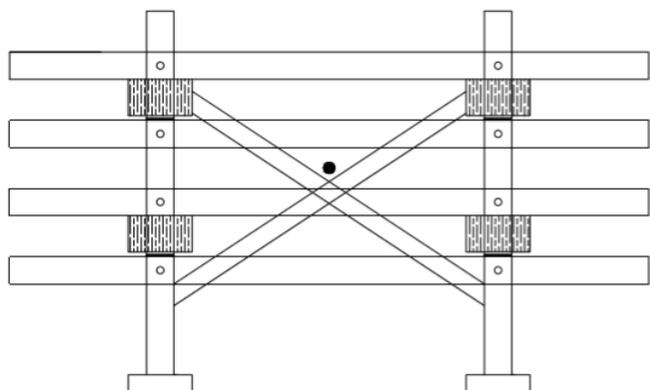
Das System besteht aus 4 Rostbalken zwei tragenden Stützen, welche die Last vertikal ableiten, und zwei Stützenschuhen, welche die Last auf den Boden übertragen und gewährleisten, dass das System flexibel bleibt und innere Spannungen vermieden werden.

Die Fundierung bietet bei dieser Bauart den größten Vorteil. Bergseitig wird im Vorhinein ein Anker montiert an dem bis zu 5 Elemente befestigt sind – aufwändige Fundierung für jedes Werk entfällt dadurch.



Kosten

Ein Beispielprojekt in Niederösterreich liefert zuverlässige Kosten. Montiert wurden 34 Elemente auf 7 Tragseilbahnen ohne Helikoptermontage. Es ergaben sich ca. 18000 € Gesamtkosten und somit Kosten pro Element von 530 €.



Gleitschneeschutzbock Reutte

Beschreibung

Dieser Bautyp ist dem Gleitschneeschutzbock D = 0,8 sehr ähnlich. Zwei Halbrundhölzer werden von einem Steher gestützt, deren Verbindung durch ein Kopfband hergestellt wird. Zusätzlich wird ein Rostbalken angebracht, welcher Stabilität und Druckfläche erhöhen soll.



Bei der Errichtung werden Bündel zu je 8 Böcken zusammengestellt – dies entspricht ungefähr der Transportkapazität (750 – 850 kg) eines Hubschraubers Typ „Lama“, mit welchem die Böcke ins Gelände gebracht werden.

Die Fundierung erfolgt durch einen Eisennagel, wobei die Form des Aushubes zusätzlich zur Stabilisierung beitragen soll – d.h. die Stützen sollten am Erdreich aufliegen. Der Einsatzbereich und die Wirkung entsprechen dem Gleitschneeschutzbock D = 0,8.

Die Gesamtkosten des Bockes belaufen sich, je nach Untergrund und Gelände, auf 90€ - 125€.

Druckhügel

Beschreibung

Druckhügel sind Erdhöcker, die in tiefgründigen, wüchsigen Böden händisch durch Ausstechen und Aufschlichten von Rasenziegeln gebaut werden. Schachbrettartig angeordnet ist die Errichtung von Druckhügeln bis zu einer Hangneigung von 70% möglich. Es kann eine Wirkhöhe von bis zu $D = 0,7$ m erzielt werden.



Diese Bauart wird, aufgrund der vielen nötigen Arbeitsstunden, nur mehr selten angewandt – was jedoch nicht deren Wirksamkeit mindern soll. Druckhügel sind eine wirksame Maßnahme gegen Gleitschnee. Die Errichtung ist jedoch mit Sorgfalt durchzuführen, sodass die Hügel der Belastung standhalten und die Erosionsgefahr minimiert wird. Zusätzlich bilden sich an den Druckhügeln sehr gute Mikrostandorte für unterschiedlichste Flora und Fauna.

Die Wirkungsweise und der Einsatzbereich entsprechen ebenfalls den Gleitschneeschutzböcken - keinesfalls sind Druckhügel in Richtung Anbruchschutz zu verwenden. Nachteilig wirken sich die vielen Böschungsanbrüche aus – eine sinnvolle maschinelle landwirtschaftliche Nutzung ist ausgeschlossen.

Verpfählung mit/ohne Verspannung

Beschreibung

Die Verpfählung wurde in der Vergangenheit viel und effektiv eingesetzt. Diese Bauart ist von der Art der Wirkung einem Schutzwald sicherlich am nächsten. Die Stahlrohre oder Robinienpfähle werden linienförmig versetzt angeordnet und eingeschlagen.

Der Aufwand für 1 ha Verpfählung (rund 2300 Pfähle bei 80% Hangneigung) liegt bei 1600 Stunden. Weiteres bietet verspannte Verpfählung weitgehend Schutz vor Wildschäden.

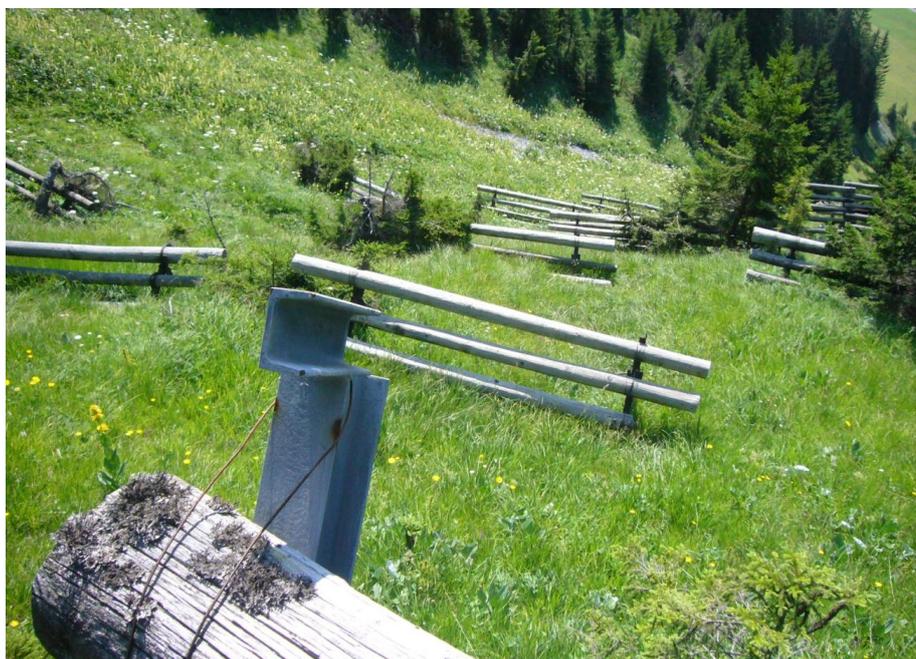


Von der ursprünglichen Form – ohne Drahtverspannung – wurde abgewichen. Zwei Meter der Pfahlänge wurden benötigt um einen Meter Wirksamkeit zu erreichen. Durch die Abspannung auf den Fußpunkt des vorderen Pfahles, konnte die Fundierung auf einen halben Meter reduziert werden. Das Besondere an der abgespannten Verpfählung ist, dass es auf Belastungen dynamisch reagiert. Der Schneedruck auf die durchhängenden Drähte kompensiert den Druck auf die Pfähle und kann Spitzendrücke ausgleichen. Gespannt montierte Drähte verweigern dies und führen unweigerlich zum Bruch der Drähte. Die Begünstigung der Aufforstung durch verminderten Wildeinfluss sollte in der Kostenkalkulation nicht vernachlässigt werden.

Hängeschneebrücken

Beschreibung

Hängeschneebrücken werden sowohl als Gleitschneeschutz, als auch als Anbruchschutz mit einer Wirkhöhe von 1,5 Meter, vor allem auf felsigem Untergrund bis zu 45°, verwendet. Die Werke werden nicht als Stützwerke sondern als Hängewerke ausgeführt (siehe auch AGS). Dadurch entfällt ein großer Teil an Fundierungsarbeiten. Zwei bergseitig montierte Felsanker nehmen die Zugkräfte auf. Als Baustoff wird zumeist eine Holz-Stahlkombination gewählt.



Die Montage ist sehr ähnlich wie bei den Gleitschneeböcken. Im Gelände werden die Punkte ausgesteckt und mittels einer Lehre die Rückhängung festgelegt. Das Material wird mit dem Hubschrauber in das Gelände gebracht und montiert – die Rostbalken mit Drähten fixiert.

Ablaufbeispiel: Aushub – Bohren – das Fußseisen mit dem Anker im Mörtel versetzen – mit der Lehre bestimmen wo der Anhängpunkt ist – der obere Anker wird gebohrt und der Ankerstab mit Mörtel verpresst – nach der Aushärtung wird der Träger gesetzt und mit dem Seil zurückgehängt – Bedielung wird mit Drähten befestigt. Schäden entstehen, vor allem bei fehlendem Windverband, durch parallelverschieben der Werke oder Ausziehen der Anker.

Pflugbermen

Beschreibung

Als Maßnahme ohne Materialeinsatz, jedoch mit sehr begrenzter Wirkhöhe, haben sich Bermen bewährt. Dabei wird ein einschariger Pflug mittels Motorseilwinde quer über den Hang gezogen und dadurch Furchen – ähnlich den Wegen von Weidevieh – gebildet. Diese Methode bedingt jedoch einen pflügbaren Untergrund und erfordert ebenso Know-how wie die Furchen gelegt werden, damit die Wirkung entsteht und die Erosion minimiert wird.



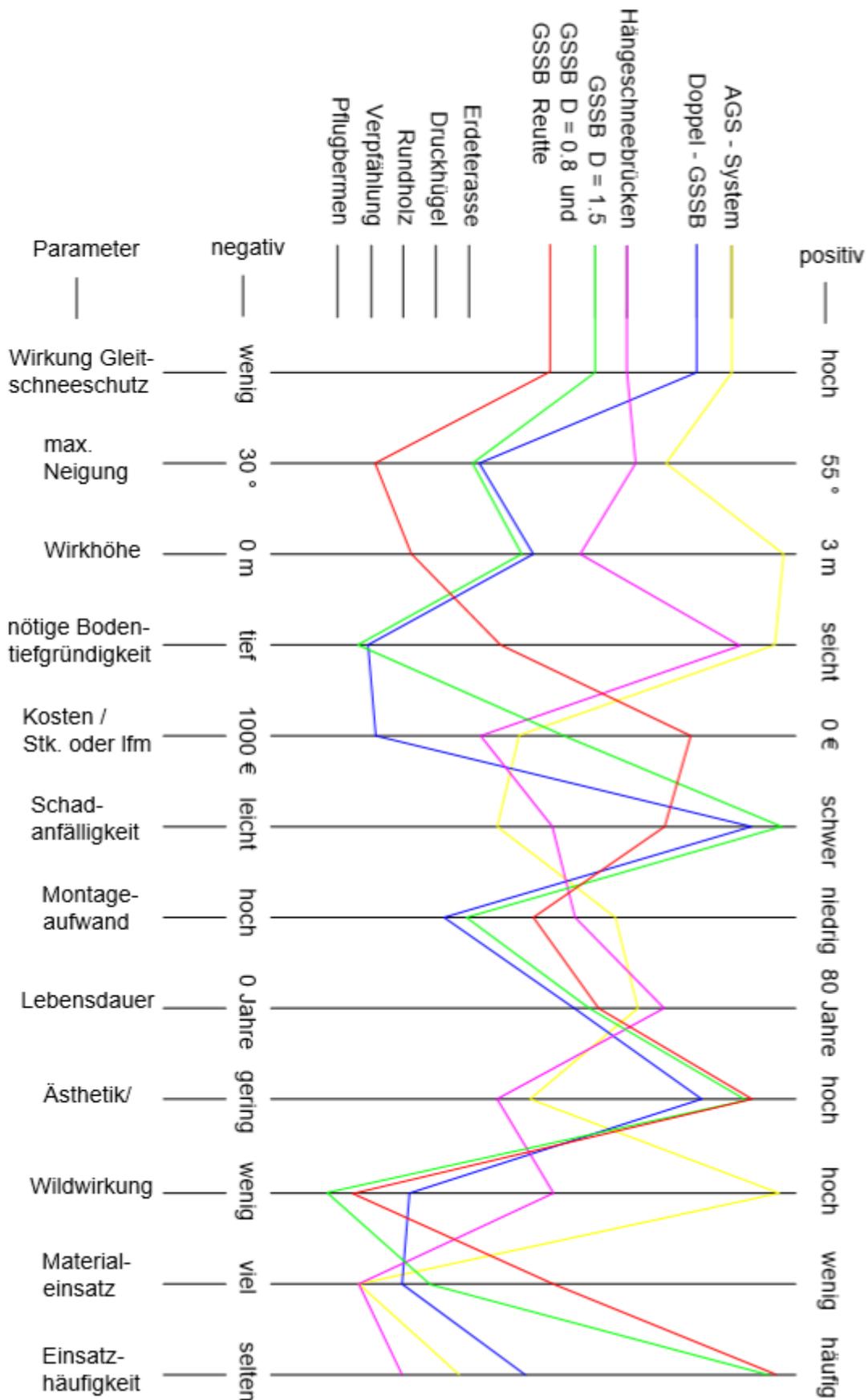
Links – Pflugbermen innerhalb einer Stützverbauung.

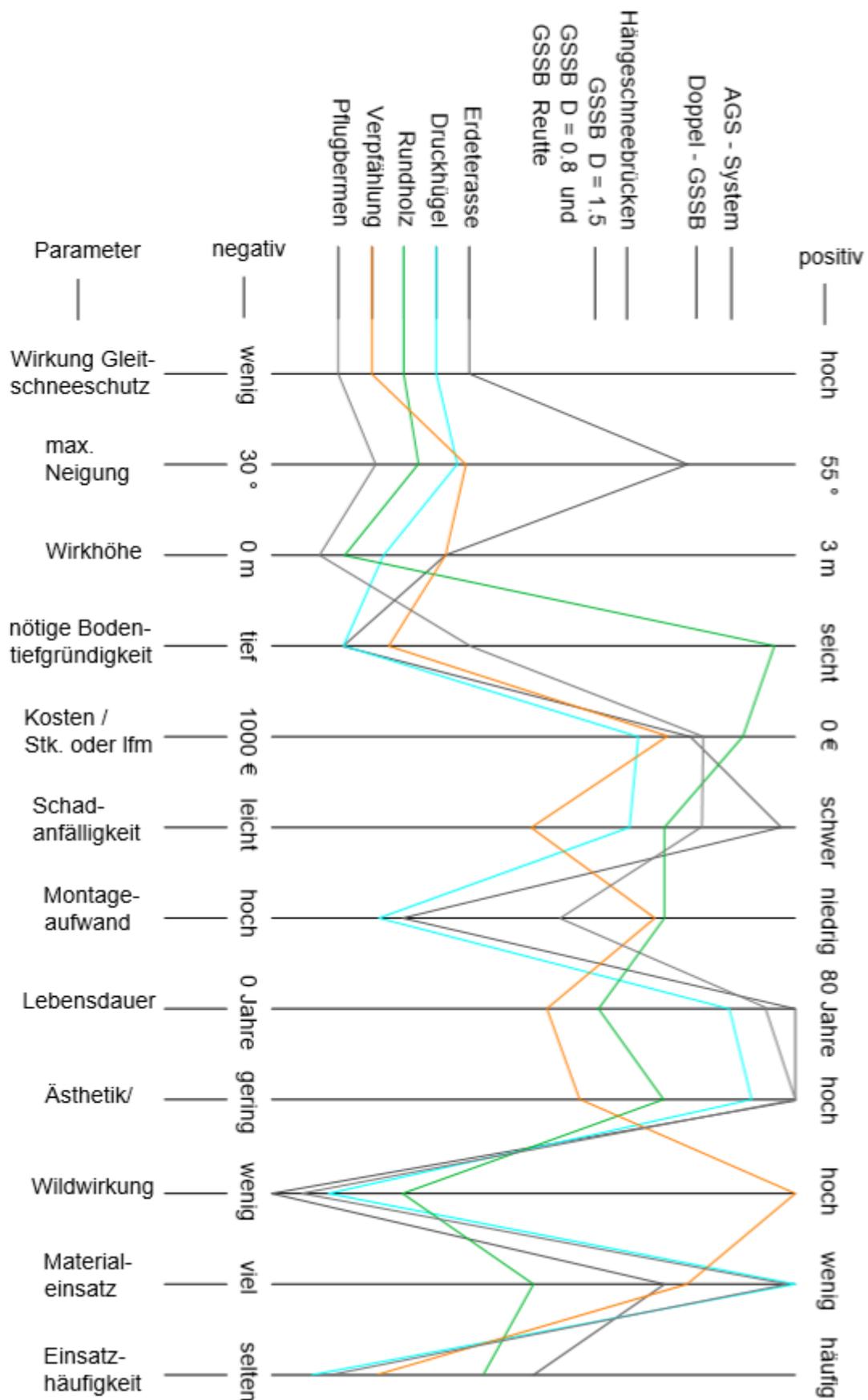
Oben – Mit Motorwinde gezogener Bermenpflug.

Bei der Ausführung dieser Pflugbermen muss jedoch einiges beachtet werden. Pro Berme wird jeweils eine Furche als Anker gelegt („Grundfurche“) und eine zweite Furche darauf („Deckfurche“), damit eine merkbare Struktur des Hanges entsteht. Dabei soll einerseits die Ankerfurche nicht von der Grasnarbe getrennt werden und andererseits die zweite Furche gut auf der ersten Furche positioniert werden. Weiteres ist zu beachten, dass sich durch Bermen ökologisch wertvolle Mikrostandorte bilden und sich in den Furchen gesetzte Pflanzen durch genügend Feuchtigkeit gut entwickeln können.

HEUMADER, J., Interview (2015)

Vergleich





a. Lebenslauf**MICHAEL WEISSENSTEINER**

Kulturtechnik und Wasserwirtschaft Bsc.
geb. am 31.05.1990 in Waidhofen/Ybbs
Österreichische Staatsbürgerschaft
ledig

**A U S B I L D U N G**

2017 Sept. – laufend	Päd. Bachelor „ Volksmusik “ an der HMT München mit Hauptfach Steische Harmonika als zweites berufliches Standbein, Abschluss 2021 Jul.
2016 Feb. – laufend	Masterstudium „ Alpine Naturgefahren “ an der BOKU Wien, Schwerpunkt Forst, <u>Masterarbeit</u> : Gleitschneeschutz in Österreich, Abschluss 2018 Sept.
2011 Okt. – 2016 Feb.	Bachelorstudium „ Kulturtechnik und Wasserwirtschaft “ an der BOKU Wien, <u>Bachelorarbeit</u> : AGS – Lawinenschutzsysteme im Vergleich
2010 – 2011 Sept.	Offizierslehrgang EF - Gebirgsjäger Innsbruck(Absam)-Kärnten(Bleiburg)- Steiermark(St.Michael)
2009 Sept. – 2010 Feb.	Mithilfe am elterlichen Betrieb und Grundwehrdienst, TÜPL- Seetaler Alpe, 8750 Judenburg
2004 Sept. – 2009 Sept.	HBLFA Raumberg-Gumpenstein , 8952 Irdning Ausbildungsschwerpunkt: Agrarmanagement, <u>Diplomarbeit</u> : Eine Verjüngungsanalyse am Strohmoarberg – Lawinen- und Steinschlag-schutzwälder nach Großkalamitäten und deren zukünftige Bestandeskultur.
2000 Sept. – 2004 Jul.	Hauptschule , 8932 Weißenbach/E, Steiermark
1996 Sept. – 2000 Jul.	Volksschule , 8932 Weißenbach/E, Steiermark

WEITERE QUALIFIKATIONEN

Mai 2013	Kurs „Rhetorik und Kommunikationstechnik“ BOKU Wien
2009 - 2017	Mitglied bei diversen Vereinen: Sinfonisches Jugendblasorchester Wien, Boku Blaskapelle (u.a. als Registerleiter Flügelhorn), Jagdhornbläsergruppe Eisenwurzen und der Trachtenmusikkapelle Weißenbach/E, Landjugend St.Gallen/ Weißenbach (Sportreferent)
Sept. 2009	Ausbildung zum Übungsleiter „Klettern“ und Hochseilgarten Guide
Mai 2007	Jagdschein an der HBLFA Raumberg/Gumpenstein Fischerkarte (Bezirkshauptmannschaft Liezen)
Mai 2007	Forstkurs an der Forstlichen Ausbildungsstätte Gmunden

BERUFSERFAHRUNG UND PRAKTIKA

2017 – 2018 März	Teilnahme am Mentoring Programm des österreichischen Forstakademikerband mit Mentor Dr. Martin Gspaltl, Forstfachreferat BH Bruck
2017 Jul. – Okt.	Studentischer Mitarbeiter am Institut für Alpine Naturgefahren an der Universität für Bodenkultur Wien
2016 Jul. – Aug.	WLV Aufnahmetätigkeit für die Masterarbeit in den Sektionen Vorarlberg, Tirol und Salzburg, Thema: Gleitschneeschutz in Österreich
2015 Jul. – Aug.	Bauarbeitertätigkeit bei einem Hausbau in Tirol/Thaur, Rohbau
2015 Jän. - laufend	Zuverdienst durch diverse volksmusikalische Auftritte im In- und Ausland und privatem Musikunterricht
2011 – 2015 Jän.	div. Praktika beim Maschinenring im Bau- und Forstdienstleistungsbe- reich Stromleitungspflege, Schlägerung, Stallbau, Hausbau usw. in den jeweiligen vorlesungsfreien Zeiten

2010 Feb. – Sept.	Praktikum im Forstbetrieb , Weissensteiner KG, 8932 Weißenbach/E
2009 Jul. - August	Angestellt als Hochseilgarten Guide und Musikant in Großreifling/OÖ bei „Floß & Co“
2008 Aug. - Sept.	Praktikum bei der Wildbach- und Lawinenverbauung Liezen im Rahmen meiner Diplomarbeit
2007 Jul. – Okt.	Praktikum in Schweden(Umea) Forstdienstleistungsbereich, Jagd , Betriebshilfe
2000 - 2009	Mithilfe am elterlichen Betrieb , Land- und Forstwirtschaft

SPRACHEN , EDV - UND PERSÖNLICHE INTERESSEN

Muttersprache:	Deutsch
Fremdsprachenkenntnisse:	Englisch (sehr gut)
Computerkenntnisse:	AutoCAD - sehr gut ; GIS - mäßig Mathcad - sehr gut, div. Simulationsprogramme im Rahmen des Studiums, ECDL Computerführerschein, ECDL Word Advanced, Finale, etc.
Führerschein:	Kategorie A, B, C, C1, F, (B+E, C+E,C1+E)
Persönliche Interessen:	Musik (Steirische Harmonika, Flügelhorn, Posaune, Mitglied der Volksmusikgruppen „4 Buam“ und der „Freigarten Blas“) Sport (Marathonlauf Wien 2012, 2014 Expedition auf den „Khan Tengri“ im Tian Shan Gebirge in Kirgisistan, Skitouren auf den Mount Blanc; Piz Balü; Großglockner; Wildspitze, Klettern im Gesäuse, etc.)

Graz, am 18. Juli 2018