

Technische Massnahmen gegen Schneegleiten

Von Renato Lemm und Fritz Frutig,
in 2023 durch Niclo Brodbeck und Janine Schweier überarbeitet



Titelbild: Technische Massnahmenmöglichkeiten gegen Schneegleiten in Trin Porclis (GR) (N.Brodbeck/ WSL, 2023)

Finanzierung

Projekt- bzw. Vertrags Nr.:

Datum

Autoren

Bundesamt für Umwelt BAFU

Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL

WHFF-CH: 2020.12; BAFU: 00.0059.PZ/5BB41BA6A

Mai 2023

Niclo Brodbeck; Renato Lemm; Fritz Frutig; Janine Schweier

Impressum

Kurzzusammenfassung

Das Produktivitätsmodell "Massnahmen gegen Schneegleiten" ist Teil einer Sammlung von Produktivitätsmodellen zur Bestandesbegründung und Jungwaldpflege, welche von der Eidg. Forschungsanstalt WSL entwickelt und unter dem Namen "JuWaPfl" auf dem Internet zur Verfügung gestellt werden (<http://www.waldwissen.net>).

Kontakt

Janine Schweizer
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

Version

Die Version 1.0 des Modells "Massnahmen gegen Schneegleiten" wurde im Jahr 2020 veröffentlicht; die Version 2.0 im Sommer 2023.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	R. Lemm	01.09.2018	Erstellung
1.1	R. Lemm	27.11.2020	Überarbeitung
1.1	F. Frutig	27.04.2021	Redaktion
2.0	N. Brodbeck/ J. Schweizer	24.01.2023	Überarbeitung

Titelbild:

Niclo Brodbeck/WSL (2023)

Alle Projektmitarbeitende (chronologische Reihenfolge)

Renato Lemm, Fritz Frutig, Stefan Holm, Janine Schweizer, Niclo Brodbeck

Aktuelle Projektmitarbeitende (Version 2.0)

Niclo Brodbeck, Stefan Holm, Janine Schweizer

Zitiervorschlag

Brodbeck, N.; Lemm, R.; Frutig, F.; Schweizer, J.: Technische Massnahmen gegen Schneegleiten. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 15 S.

Dank

Wir bedanken uns bei Marco Vanoni vom Amt für Wald und Naturgefahren (GR) für die Ermittlung geeigneter Forstbetriebe im Kanton Graubünden, sowie Ueli Ryter vom Amt für Wald und Naturgefahren (BE) für das zahlreiche zur Verfügung stellen von Daten. Des Weiteren bedanken wir uns bei allen kontaktierten Betrieben für die Unterstützung der Datengrundlagenerweiterung und dem Teilen von Erfahrungswerten und/oder Bildmaterial.

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
1. Kontext und Datengrundlage	4
2. Waldbauliche Herausforderung durch Schneegleiten	5
3. Technische Verbauungsmöglichkeiten gegen Schneegleiten	6
3.1 Pfählungen.....	6
3.2 Bermentritt.....	7
3.3 Schwellen.....	7
3.4 Dreibeinböcke	8
3.4.1 Bau und Anordnung von Dreibeinböcken	9
4. Zeitaufwand und Kosten	9
4.1 Zeitsystem	9
4.2 Kosten und Aufwände	10
4.2.1 Pfählungen.....	10
4.2.2 Bermen	11
4.2.3 Schwellen.....	11
4.2.4 Dreibeinböcke	11
4.3 Formale Darstellung	12
4.3.1 Erstellen.....	12
4.3.2 Kontrolle	12
4.3.3 Abbau- und Entsorgungskosten	12
4.3.4 Kosten pro Einheit	12
5. Benutzerführung	13
6. Diskussion.....	14
7. Literatur	15

1. Kontext und Datengrundlage

Im Hinblick auf die Erstellung von Kalkulationsgrundlagen für Arbeiten der Jungwaldpflege wurde 2017 eine Umfrage bei allen Betriebsleitern/Revierförstern in der Schweiz durchgeführt. Mit der Umfrage wurde erhoben, welche Bedeutung den einzelnen Arbeiten heute in der Praxis zukommt. Gleichzeitig sollten die Betriebsleiter angeben, zu welchen Arbeitsverfahren sie Daten zu Leistungen und Kosten zur Verfügung stellen könnten (Datenquellen). Der Fragebogen wurde in Absprache mit der Fachstelle Waldbau und der Fachstelle für Gebirgswaldpflege ausgearbeitet und im November 2017 an alle Revier- bzw. Betriebsleiter in der Schweiz verschickt.

Tabelle 1 zeigt die Umfrageergebnisse bezüglich Massnahmen gegen Schneegleiten. 56% der Betriebsleiter im Berggebiet erachten diese als "wichtig" und "eher wichtig". Die letzte Spalte mit der Anzahl genannter Datenquellen zeigt deutlich, dass die Datenlage hier dürftig ist.

Tabelle 1: Mehr als die Hälfte der Betriebsleiter im Berggebiet erachten Massnahmen gegen Schneegleiten in ihrem Betrieb als wichtig (Umfrage 2017).

Nr.	Position	Wichtigkeit Flachland [%]	Wichtigkeit Gebirge [%]	Anzahl Datenquellen Flachland	Anzahl Datenquellen Gebirge
53	Massnahmen gegen Schneegleiten	4	56	0	6

Somit mussten zur Erstellung der ersten Version des Modelles Daten aus der Literatur verwendet werden, insbesondere Unterlagen der Fachstelle für Forstliches Bauwesen FOBATEC. Diese Datengrundlage wurde im Rahmen eines vom BAFU finanzierten Folgeprojektes im Jahr 2023 verbessert.

Während fünf Monaten (Dezember 2022 bis April 2023) wurde in Schweizerischen Alpenregionen, sowie dem deutschen Freistaat Bayern Produktivitätsdaten zur Erstellung und dem Unterhalt von technischen Verbauungsmöglichkeiten gegen Gleitschnee gesammelt. Bei den 20 kontaktierten Forstbetrieben und Forstunternehmern, drei zuständigen Ämtern (Amt für Wald und Naturgefahren Kanton Bern und Graubünden, sowie zwei bayerischen Ämter (AELF Weillheim und AELF Rosenheim) wurde explizit nach Personal-, und Materialkosten für technische Verbauungen gegen Gleitschnee (Dreibeinböcke, Pfählungen, Bermentritten und Schwellen) nachgefragt. Weiter wurden die kontaktierten Personen gebeten, ihre Datensätze stichwortartig zu erläutern, dies insbesondere dann, wenn das Gelände sehr steil war, oder andere Rahmenbedingungen die Arbeiten erschwerten.

Fünf Forstbetriebe, sowie zwei kantonale Stellen gaben an, keine fundierten Daten bereitstellen zu können, von weiteren sechs Betrieben konnte keine Antwort empfangen werden. Bei zehn Forstbetrieben gab es eine Rückmeldung, die uns erlaubte, die Datengrundlage um 18 vollständige Datensätze zu erweitern. Des Weiteren konnte eine Anfrage bei einem zuständigen kantonalen Amt die Datengrundlage um weitere 46 Datensätze vergrössern. Im Rahmen der Datengrundlagenerweiterung konnte die bisherige Anzahl von 6 um 64 auf 70 auswertbare Datensätze vergrössert werden.

Im Rahmen der Verbesserung der Datengrundlage konnten keine Daten zur Erstellung oder dem Unterhalt von Pfählungen, Bermentritten oder Schwellen gesammelt werden.

2. Waldbauliche Herausforderung durch Schneegleiten

Schneegleiten bedeutet ein hangparalleles Abrutschen der Schneedecke auf glatter Bodenoberfläche und wird durch eine fehlende Verbindung zwischen der Schneedecke und dem Boden begünstigt. Typische Gleitschneezonen sind glatte, grasbewachsene Hänge mit Neigungen ab etwa 25–50° (50–120 %). Sie finden sich vorwiegend in Höhenlagen bis ca. 2500 m ü. M. und Expositionen von Ost über Süd bis West. Extreme Gleitschneesituationen sind an den sichel- oder halbmondförmigen, offenen Rissen in der Schneedecke (Fischmäulern), sowie an lawinenartigen Rutschungen feststellbar (Leuenberger 2003, Harvey et al. 2023) (vgl. Abbildung 1).

Bei einer durchnässten Übergangsschicht zwischen der Schneedecke und dem Boden, kann ein Gleitprozess der Schneedecke bereits ab 15° Hangneigung beginnen (Mitterer 2016, Harvey et al. 2023). Bei den langsamen Schneebewegungen unterscheidet man die zwei Ausprägungen Schneekriechen und Schneegleiten.



Abbildung 1: Typische Gleitschneeprozesse auf glatter Oberfläche, mit Fischmäulern und lawinenartigen Rutschungen in Davos Frauenkirch (P. Bebi/SLF, 2023).

Schneekriechen bedeutet eine hangparallele Verschiebung der Schneemasse, wobei anders als beim Schneegleiten noch eine senkrecht zum Hang wirkende Komponente mitwirkt (Weissensteiner 2018). Schneekriechen wird nicht durch eine fehlende Verbindung vom Boden zur Schneedecke begünstigt, sondern durch Schwachschichten in der Schneedecke (Harvey et al. 2023). Die oberhalb der Schwachstelle liegenden Schneeschichten kriechen auf der unterhalb liegender Schicht ab und verschieben sich in einem langsamen Prozess talwärts. Kriechschneeprozesse können gemäss Harvey et al. (2023) nicht von Auge beobachtet werden.

Sowohl Kriechschnee als auch Gleitschneeprozesse können aufgrund des enormen Drucks der Schneedecke zur Folge haben, dass Jungbäume während mehreren Jahren krumm gedrückt werden und dadurch eine säbelartige Wuchsform ausbilden (Säbelwuchs), die Stämme verletzt werden oder, dass die Bäume entwurzelt werden.

3. Technische Verbauungsmöglichkeiten gegen Schneegleiten

Jährliche Gleitschneezonen können den Anwuchserfolg von Jungbäumen verschlechtern und das Aufkommen eines stabilen Jungwaldes bremsen oder gar verhindern. Durch technische Massnahmen kann sichergestellt werden, dass das Ausmass des Schneegleitens reduziert wird und dadurch Bäume die Möglichkeit erhalten sich etablieren zu können. Für die Wahl der geeigneten Massnahme wird empfohlen, dass die Aufforstungsfläche während mehreren Jahren beobachtet wird. So kann einerseits die richtige Massnahme getroffen werden und andererseits kann sichergestellt werden, dass die Bauwerke am richtigen Ort gestellt werden. Gemäss der Fachstelle für forstliche Bauten (FOBATEC) wird empfohlen von oben nach unten zu arbeiten, damit die bereits gestellten Werke nicht durch Schneemassen von oberhalb zerstört oder beschädigt werden können. Des Weiteren wird empfohlen, dass die Aufforstungsfläche keilartig angelegt wird, wobei die breiteste Stelle zuoberst und die Keilspitze zuunterst liegt. Natürliche Geländeausformungen wie Hangrinnen werden als natürliche Grenzen für die Aufforstungsflächen gewählt und vor dem Verbauen in Muldenlagen wird abgeraten (FOBATEC 2016).

Im Bereich der Gleitschneeschutz-Massnahmen haben sich insbesondere die Dreibeinböcke als sehr gut wirkende Massnahme gegen das Gleiten und Kriechen der Schneedecke erwiesen. Das Einhalten der vorgeschriebenen Geometrie, von den Belastungen entsprechende Verankerungen sowie eine standortgerechte Holzqualität bilden die Grundvoraussetzungen um eine positive Wirkung durch die Massnahmen erreichen zu können (Leuenberger 2003).

3.1 Pfählungen

Durch das Einbringen von Pfählen in die Bodenoberfläche wird die Bodenrauigkeit gefördert und eine bessere Verankerung zwischen der Schneedecke und dem Boden geschaffen (vgl. Abbildung 2). Die Abstände zwischen den einzelnen Pfählen werden in der Literatur bis heute nicht aufgegriffen, es gilt jedoch, dass der Abstand möglichst klein gestaltet werden soll. Die Pfähle werden zu $\frac{2}{3}$ in den Boden eingeschlagen, sodass $\frac{1}{3}$ des Pfahls aus dem Boden ragt.

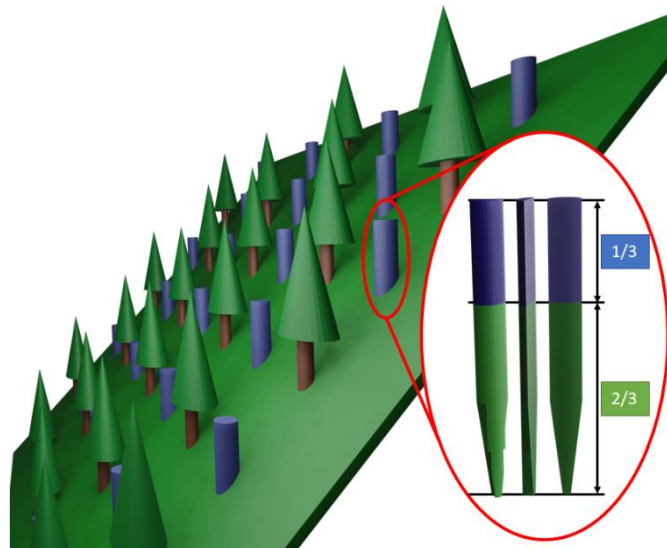


Abbildung 2: Systematische Darstellung von einer mit Pfählen (blau= oberirdisch; grün= unterirdisch) verbauten Fläche mit Jungbäumen (N. Brodbeck/WSL, 2023).

Da Kriechschneebewegungen hauptsächlich an der Schneedeckenoberfläche stattfinden, ist die Massnahme von Pfählungen nicht geeignet für Kriechschneeprobleme und sollte lediglich als Massnahme gegen Gleitschnee eingesetzt werden.

3.2 Bermentritt

Mit dem Bermentritt wird die Rauigkeit des Bodens gefördert, was zu einer besseren Verzahnung zwischen der Schneedecke und dem Boden führt.

Da die hier beschriebene Bermentrittvariante durchgehend im Abtrag gebaut wird, kann während der ersten Jahre auch die Vegetationskonkurrenz vermieden werden (vgl. Abbildung 3, braune Bereiche). Mikroklimatisch bilden die Bermen günstige Standorte für die Jungpflanzen, jedoch können verjüngungsungünstige Standorte durch die Massnahme nicht aufgewertet werden. Bermentritte eignen sich nicht für Erosionsgebiete, da auf labilen Böden Rutschungen und Murgänge begünstigt werden können. Weitere Probleme sind, dass Bermentritte als kostenintensiv in der Erstellung gelten und Staunässe begünstigen (Wasem 2008).

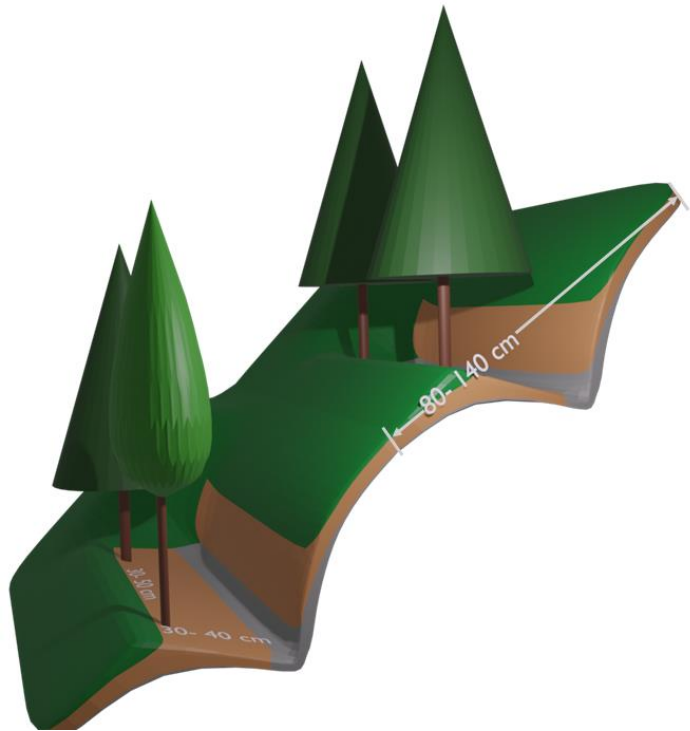


Abbildung 3: Systematische Darstellung von Bermentritten (Grün= Gras/ Strauchschicht, Braun= Erdschicht, Grau= Gesteinsschicht) (N. Brodbeck/WSL, 2023).

3.3 Schwellen

Die Schwelle mit Seilanker (vgl. Abbildung 4) wirkt ähnlich wie der Bermentritt, indem eine Verzahnung der Schneedecke mit dem Boden hergestellt wird. Ideal verankern lässt sie sich nur mit einem Spiralseil. Beim Erstellen der Schwellen ist zu berücksichtigen, dass der Seilanker mindestens 80 cm tief in den Boden eindringen muss und, dass spezieller Ankermörtel verwendet wird. Neben dem Einsatz gegen das Schneegleiten kann die Schwelle auch gegen beginnende, lokal kleinflächige Bodenerosionen erfolgreich eingesetzt werden (Leuenberger 2003).



Abbildung 4: Eine rund 10-jährige Schwelle mit Seilanker in Trin GR (N. Brodbeck/WSL, 2023).

3.4 Dreibeinböcke



Abbildung 5: Dreibeinbock mit Bodenschwelle (A. Arquint/ Leiter Forstamt Samnaun, 2023).

Der Dreibeinbock (Gleitschneebock) ist die am häufigsten angewendete Massnahme gegen Schneegleiten und -kriechen. Durch die Dreibeinböcke können die Bäume in jungen Jahren gegen Gleitschnee und im Dickungs-, sowie Stangenholzstadium gegen Kriechschnee geschützt werden.

Durch die Dreibeinböcke wird die Bodenrauigkeit leicht erhöht, und kann durch eine zusätzliche angebrachte Bodenschwelle gefördert werden (Weissensteiner 2018) (vgl. Abbildung 5). Die Hauptaufgabe der Dreibeinböcke ist es, dass durch die technische Massnahme eine Stabilisierung der Schneeschichten erreicht wird und die Schneedecke dadurch nicht abrutschen kann. Gemäss Weissensteiner (2018) können zwei verschiedene Typen von Dreibeinböcken

erstellt werden, wobei sich die beiden Massnahmen lediglich in ihrer Wirkungshöhe unterscheiden:

- Der Typ **Gleitschneeschutzbock $D=0.8m$** verzeichnet eine Wirkungshöhe von 0.80m und zeichnet sich durch seine einfache Montage, den geringen Arbeitsaufwand und die tiefen finanziellen Aufwände aus. Wenn die jährliche Schneedeckenmächtigkeit grösser als 0.80m ist, wird empfohlen der Typ **Gleitschneeschutzbock $D=1.5m$** zu verwenden.
- Der Typ **Gleitschneeschutzbock $D= 1.5m$** besitzt eine Wirkungshöhe von 1.5m. Durch seine gute Fundamentierung, sowie der robusten Bauweise kann dieser Typ der Dreibeinböcke ebenfalls als Lawinenanbruchschutz verwendet werden. Dabei muss jedoch gesagt werden, dass bei einer Schneedeckenmächtigkeit $> 1.5m$ die Schutzwirkung entfällt und Schäden an den Werken stattfinden können (BAFU 2007).

Gemäss BAFU (2007) darf die kinetische Energie, der sich bewegenden Schneemasse, die maximale Stabilität der Verbauungen nicht überschreiten, da anderenfalls mit zunehmend Schäden gerechnet werden muss. Um die maximal zulässige, kinetische Energie der Schneemasse zu berechnen, muss die Bruchlast von Dreibeinböcken bekannt sein, damit die maximale zulässige Geschwindigkeit der Schneedecke ermittelt werden kann. Das Eigengewicht vom Schnee beträgt bei frischem Pulverschnee rund $40kg/m^3$ und bei Nassschnee bis zu $200kg/m^3$.

Durch Fobatec (2015) geht hervor, dass idealerweise Kriech- und Gleitschneeprozesse zum Schutze der Bauwerke gänzlich verhindert werden sollen.

3.4.1 Bau und Anordnung von Dreibeinböcken

Im Handbuch von Leuenberger (2003) finden sich Detailzeichnungen für den Bau und die Anordnung von Dreibeinböcken. Anschauliche Informationen zur Ausführung liefern auch die Unterlagen der Fachstelle für forstliche Bautechnik (FOBATEC 2015, 2016), sowie das Handbuch zum technischen Lawinenschutz (Rudolf-Miklau und Sauermooser 2011).

Die Wahl des optimalen Abstandes zwischen zwei Werken ist aus finanzieller Sicht wichtig. Einerseits können bei zu grossen Abständen der Werke, Schäden an der Verbauung auftreten, und andererseits kann die Anzahl Werke zunehmen, wenn der Abstand kleiner gewählt wird. Sowohl bei Schäden an den Bauwerken als auch bei einer zunehmenden Anzahl Werke pro Fläche steigen die Kosten für den Bauherrn. Zusätzlich können beschädigte Bauwerke ihre Schutzwirkung nicht mehr erfüllen und es kann daher zu weiteren Schäden führen. Anhand der oben erwähnten Literatur zum Bau und Anordnung von Dreibeinböcken geht hervor, dass wenn die Werke als Gruppen erstellt werden, ein minimaler Abstand von 1.0 m und ein maximaler Abstand von 3.0 m zwischen zwei Werken nicht überschritten werden soll (Rudolf-Miklau und Sauermooser 2011, FOBATEC 2015). Der ideale Abstand zwischen zwei Werken ist abhängig von der Hangneigung und muss situativ neu beurteilt werden, es soll jedoch sichergestellt werden, dass keine Schneebewegung innerhalb der Bauwerke stattfindet und dass beim Erstellen von neuen Werken die Fundamente der oberen nicht abgegraben werden.

4. Zeitaufwand und Kosten

4.1 Zeitsystem

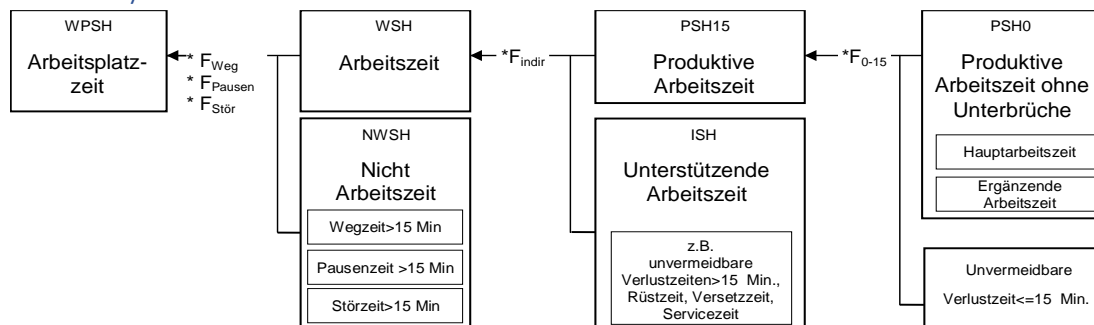


Abbildung 6: Verwendetes Zeitsystem (Björheden und Thompson 1995, Heinimann 1997; verändert).

Die in Abbildung 6 aufgeführten Zeiten können grundsätzlich für das Produktionssystem als Ganzes sowie für die beteiligten Produktionsfaktoren (Geräte, Personal) ermittelt werden. Je nachdem spricht man zum Beispiel von der System-, der Maschinen- oder der Personalarbeitszeit. In Anlehnung an die Originalgrundlagen wurden die Abkürzungen von den englischen Begriffen abgeleitet (Tabelle 2). Für das Modell Begehungswege erstellen und Massnahmen gegen Schneegleiten sind vor allem die Arbeitsplatzzeit (WPSH) und die Produktive Arbeitszeit (PSH15) wichtig. Wegzeiten und Pausen kann jeder individuell anpassen.

Tabelle 2: Übersicht über die verwendeten Zeitbegriffe.

Betrachtetes Objekt	Arbeitsplatzzeit				
		Nicht Arbeitszeit (non work time)	Arbeitszeit (work time)		
	workplace...	non work...	work...	indirect...	productive...
System (...system hour)	WPSH	NWSH	WSH	ISH	PSH
Maschine (...machine hour)	WPMH	NWMH	WMH	IMH	PMH ₁₅ =MAS
Personal (...personal hour)	WPPH	NWPH	WPH	IPH	PPH

4.2 Kosten und Aufwände

In den nachfolgenden Abschnitten werden Zeitaufwände und Kosten für die verschiedenen Bauwerktypen angegeben. Häufig werden die Arbeiten an Bauunternehmungen oder spezialisierte Forstunternehmungen vergeben. Dabei sind für den Auftraggeber in erster Linie die Kosten relevant. Falls die Arbeiten in Eigenregie ausgeführt werden, interessieren aber auch die Zeitaufwände.

Die Kosten umfassen das Erstellen der Bauwerke, den Unterhalt und die Kontrolle sowie die allfällige Entsorgung. Kosten für Projektierung, Steinschlagschutz, Material-Seilbahnen, Helikoptertransporte und Erstellen von Begehungswegen **sind hier nicht enthalten**. Auch müssen die Kosten für die Pflanzung separat berechnet werden.

Bei allen Arten von Bauwerken gegen Schneegleiten/-kriechen werden im Modell folgende Zeit- und Kostenpositionen berücksichtigt:

- Arbeitszeit Personal
- Kosten für Maschinen/Geräte/Werkzeuge
- Materialkosten für das Bauwerk und die Verankerung
- Kosten Materialtransport (inkl. Personalkosten)
- Arbeitszeit Personal für die jährliche Kontrolle der Bauwerke
- Allfällige Entsorgung der Materialien

4.2.1 Pfählungen

Das Erstellen von Pfählungen wird von Leuenberger (2003) mit 15 CHF /Pfahl veranschlagt. Indexiert auf 2020 entspricht dies 16 CHF/Pfahl. Da diese Kosten tief veranschlagt wurden (Weissensteiner 2018) wird der Wert von 27 CHF/Pfahl für die Kalkulation verwendet. Die Kosten setzen sich wie folgt zusammen: 67% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 18% Materialaufwand, 2% Maschinenkosten und 13% Transportkosten.

Pro Pfahl ergeben sich daraus folgende durchschnittlichen Zeiten und Kosten:

- Zeitaufwand Personal 0.26 Stunden
- Materialkosten 5.00 CHF (für Eichenpfähle)
- Maschinenkosten etwa 0.50 CHF
- Transportkosten 3.50 CHF
- Kontrolle 0.02 Std.

In einer Stunde können im Schnitt etwa 50 Pfähle kontrolliert werden. Das ergibt einen Arbeitsaufwand von 0.02 Std/Pfahl.

4.2.2 Bermen

Für das Erstellen von Bermen in Handarbeit veranschlagt Leuenberger (2003) 15 CHF/Laufmeter. Indexiert auf 2020 würden diese Kosten rund 16 CHF/Laufmeter betragen. Das Erstellen von Bermen erfordert keinen Materialeinsatz. Für die Kontrolle werden 0.01 Arbeitsstunden/Laufmeter veranschlagt.

4.2.3 Schwellen

Das Erstellen von 4 m langen Schwellen mit zwei Seilankern wird von Leuenberger (2003) mit 180 CHF veranschlagt. Indexiert auf 2020 entspricht dies 190 CHF. Diese Kosten wurden aufgeteilt in 67% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 18% Materialaufwand, 2% Kostenaufwand für Maschinen und 13% für Transportkosten. Der Kontrollaufwand wird mit 0.02 Std./Laufmeter veranschlagt.

Pro 4m-Schwelle ergeben sich daraus folgende Zeitaufwände und Kosten:

- Zeitaufwand Personal 2.10 Stunden
- Materialaufwand 35.00 CHF (Herleitung: Kosten für Eichenschwelle 4 m lang und 20-25 cm Durchmesser 15.00 CHF, Gewindestangen verzinkt, Drahtseile, Seilklemmen für Drahtseil und Ankerstab 12.00 CHF, Mörtelbett mit U-Profil 8 CHF)
- Maschinenkosten ca. 4.00 CHF
- Transportkosten 25.00 CHF
- Kontrolle 0.02 Std./Laufmeter

4.2.4 Dreibeinböcke

Grundlagen für Zeitaufwände und Kosten lieferte eine Umfrage aus dem Frühjahr 2023, wobei 20 Forstbetriebe und drei kantonale Abteilungen kontaktiert wurden. Durch die kontaktierten Forstbetriebe und Abteilungen, konnten die Datengrundlage um 63 vollständige Datensätze ergänzt werden.

Die Kosten für das Erstellen eines Dreibeinbockes betrugen 270.15 CHF. Mit 60% Personalaufwand (Ansatz 70 CHF/h), 25% Materialaufwand, 2% Maschinenkosten und 13% für Transportkosten, ergeben sich daraus folgende durchschnittlichen Zeiten und Kosten **pro Dreibeinbock**:

- Zeitaufwand Personal 2.20 Stunden
- Materialkosten 77.20 CHF
(Kastanienrundholz 4.5 oder 5.0 m, Durchmesser 10–18 cm, Fundamentplatte 25x25x10 cm, Windrispenband und Kammnägels 50/5, Drahtstifte 245/7.5 (Verbindung Träger/Stütze), Drahtstifte 215/6.5 (Verbindung Träger/Pflöcke), evtl. Ankereisen Durchmesser 22 mm zugespitzt, evtl. Stahlseile verzinkt Durchmesser 11 mm, Ankermörtel)
- Maschinen- und Werkzeugkosten ca. 5.40 CHF
(Motorsäge, Presslufthammer mit Bohrstange 30mm, Luftschläuche, Linienöler, Neigungswasserwaage, Baulehre, Schaufel, Pickel, Wiedehopfhaut, Hebeisen, Steinschlegel, Hammer, Beisszange, Markierfarbe).
- Transportkosten 34.45 CHF
- Jährlicher Kontrollaufwand 0.04 Std.

Die Kosten hängen sehr stark von den Bodenverhältnissen, Geländebedingungen und Transportwegen ab. Um dies zu berücksichtigen, werden die Werte der Personalzeiten ausgehend von normalen Gelände-, Bodenverhältnissen auf schwierige Gelände-, Bodenverhältnisse um 20% und von normalen Gelände-, Bodenverhältnissen auf sehr schwierige Gelände-, Bodenverhältnisse um 40% angehoben.

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. Im Frühling nach

der Schneeschmelze werden alle Dreibeinböcke kontrolliert (verschobene Geometrie, nicht passende Verbindungen). Bei komplett abgelegten Dreibeinböcken bietet sich ein Neubau an. Für den Abbau werden die Böcke zusammengesägt und alle Bestandteile in Big-Bags verladen und ausgeflogen. Diese Zeiten können im Einzelfall sehr stark variieren.

4.3 Formale Darstellung

4.3.1 Erstellen

$$\text{Zeitaufwand_Erstellen} = \text{Zeit_Erstellen} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\text{Zeitaufwand_Kontrolle} = \text{Zeit_Kontrolle} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeit_Abbau_Entsorgung} \times F_{\text{indir}} \times F_{\text{WegPausen}}$$

$$\text{Kosten_Erstellen}_S = k \times \text{Zeitaufwand_Erstellen}_S \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Material} + \text{Kosten_Maschinen} + \text{Kosten_Transport}$$

Geländeverhältnisse S

normal $k=1.0$

schwierig $k=1.15$

sehr schwierig $k=1.25$

Z₁

4.3.2 Kontrolle

$$\text{Kosten_Kontrolle} = \text{Zeitaufwand_Kontrolle} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrzeug_Kontrolle} \quad \mathbf{Z_2}$$

4.3.3 Abbau- und Entsorgungskosten

$$\text{Kosten_Abbau_Entsorgung} = \text{Zeitaufwand_Abbau_Entsorgung} \times \text{Kostenansatz_Personal} + \text{Kosten_Fahrzeug_Abbau_Entsorgung} + \text{Kosten_Entsorgungsgebühr_Abbau_Entsorgung} \quad \mathbf{Z_3}$$

4.3.4 Kosten pro Einheit

Die gesamten Kosten addieren sich zu:

$$Z_{\text{pro Einheit}} = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z_{\text{Total}} = \text{Anzahl_Objekte} \times Z_{\text{pro Einheit}}$$

5. Benutzerführung

Tabelle 3: Übersicht über den Aufbau des Produktivitätsmodells „Massnahmen gegen Schneegleiten“.

Zeiten [Std/Einheit], Kosten [CHF/Einheit]			
			Defaultwerte
Massnahmentyp	Pfähle		Dreibeinböcke
	Bermen		
	Schwellen		
	Dreibeinböcke		
Pfähle	Erstellen	Personalzeit	0.26
		Materialkosten	5.00
		Gerätekosten	0.50
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.02
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau/Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Pfähle		30
Bermen	Erstellen	Personalzeit	0.04
		Materialkosten	0
		Gerätekosten	0
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.01
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau/Entsorgung (kommt hier nicht vor)	Personalzeit	
		Fahrzeugkosten	
		Entsorgungsgebühr	
	Anzahl Laufmeter Bermen		30
	Geländeverhältnisse	normal	normal
		schwierig	
		sehr schwierig	
Schwellen	Erstellen	Personalzeit	2.30
		Materialkosten	35.00
		Gerätekosten	5.00
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.02
		Fahrzeugkosten	0
	Abbau Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Schwellen		30
	Geländeverhältnisse	normal	normal
		schwierig	
		sehr schwierig	

Dreibeinböcke	Erstellen	Personalzeit	2.20
		Materialkosten	75.80
		Gerätekosten	7.00
		Transportkosten	0
	Kontrolle/Unterhalt	Personalzeit	0.04
		Fahrzeugkosten	7.00
	Abbau/Entsorgung	Personalzeit	0
		Fahrzeugkosten	0
		Entsorgungsgebühr	0
	Anzahl Dreibeinböcke		30
	Geländeverhältnisse	Einfach, 1.0	normal
		Mittel, 1.20	
		Schwierig, 1.40	

6. Diskussion

Durch die Kontaktaufnahme mit verschiedenen Forstbetrieben in den Kantonen Graubünden und Bern hat sich gezeigt, dass keiner der Betriebe Daten zum Bau und Unterhalt von Bermentritten, Pfählungen oder Schwellen hat. Es liegen somit lediglich Daten zum Bau von Dreibeinböcken vor. Anhand der geführten Telefongespräche, sowie bei Betrachtung der erhaltenen Daten wird die Schlussfolgerung gezogen, dass das Erstellen von Dreibeinböcken die Häufigste Massnahme gegen Schneegleiten ist.

Durch eine Kontaktaufnahme mit der Waldabteilung Berner Jura hat sich gezeigt, dass technische Massnahmen gegen das Schneegleiten in nicht alpinen Regionen nicht angewendet werden. Dies stützt die Umfrage aus dem Jahre 2017, in der lediglich 4% der kontaktierten Betriebe angeben haben, dass ein Modell für Massnahmen gegen Schneegleiten im Flachland als wichtig erachtet wird. In der Umfrage hatten 56% der an der Umfrage teilgenommenen Betriebe angegeben, dass sie ein Modell zu Massnahmen gegen Schneegleiten im Gebirge als wichtig erachten.

Die Datengrundlage für das Modell Schneegleiten ist mit 70 Datensätzen immer noch überschaubar und sollte weiter vergrössert werden. Insbesondere hat sich während der Datenbeschaffung gezeigt, dass der Untergrund, die Hangneigung, die Transportdistanz, sowie das Transportmittel grosse Einflussgrössen in Bezug auf die Produktivität darstellen. Es sollte bei einer zukünftigen Datenbeschaffung darauf geachtet werden, dass die Datengrundlagen auf unterschiedlichem Untergrund, verschiedenen Hangneigungen und Transportdistanzen basieren. Somit sollte das Modell zukünftig besser in der Lage sein, diese Einflussgrössen realistischer abschätzen zu können und dem Anwender genauere Resultate liefern.

Im Falle einer wiederholten Datenbeschaffungskampagne würde es sich lohnen, die Kantone Glarus, Uri, Schwyz und Wallis ebenfalls zu kontaktieren und somit auch Datengrundlagen aus weiteren Alpenregionen zu generieren.

7. Literatur

Björheden, R.; Thompson, M.A. (1995): An international nomenclature for forest work study. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg, Sweden.

Fachstelle für forstliche Bautechnik (FOBATEC) (2015): Gleitschneeverbau mit Dreibeinböcken. Staubern, Sennwald. 10 S. Online unter: http://www.fobatec.ch/fileadmin/user_upload/customers/fobatec/10Bautypen/02_Stuetzsysteme/22_Holzkonstruktionen/224_Dreibeinboecke/22401_Dreibeinboecke_Staubern/Dreibeinboecke_Staubern.pdf (abgerufen am 21. April 2023).

Fachstelle für forstliche Bautechnik (FOBATEC) (2016): Gleitschneeverbau mit Dreibeinböcken. Schnürlaui, Lauterbrunnen. 13 S. Online unter: http://www.fobatec.ch/fileadmin/user_upload/customers/fobatec/10Bautypen/02_Stuetzsysteme/22_Holzkonstruktionen/224_Dreibeinboecke/22402_Dreibeinboecke_Lauterbrunnen/22402_Dreibeinboecke_Lauterbrunnen.pdf (abgerufen am 21. April 2023).

Harvey, S.; Rhyner, H.; Schweizer, J. (2023): Lawinen- Verstehen, beurteilen und risikobasiert entscheiden. Bruckmann, München. 319 S.

Heinimann, HR. (1997): Skript Forstliche Verfahrenstechnik I. ETH Zürich, Zürich.

Leuenberger, F. (2003): Bauanleitung Gleitschneeschutz und temporärer Stützverbau. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 97 S.

Margreth, S. (2007): Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, Davos. 101 S.

Margreth, S. (2016): Ausscheiden von Schneegleiten und Schneedruck in Gefahrenkarten. WSL Berichte, 47. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 16 S

Rudolf-Miklau, F.; Sauermooser, S. (2011): Handbuch Technischer Lawinenschutz. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin. 466 S. Online unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9783433600856> (abgerufen am 02. Mai 2023).

Wasem, U. (2008). Terrassen mit guten Aussichten. Aufforstung im Gebirge - Erkenntnisse aus 30 Jahren Versuchspflanzungen mit Bermen. Wald und Holz, 89(4), 34–37.

Weissensteiner, M. (2018): Gleitschneeschutzmaßnahmen in Österreich. Masterarbeit. Universität für Bodenkultur BOKU, Institut für Alpine Naturgefahren IAN, Wien. 122 S.