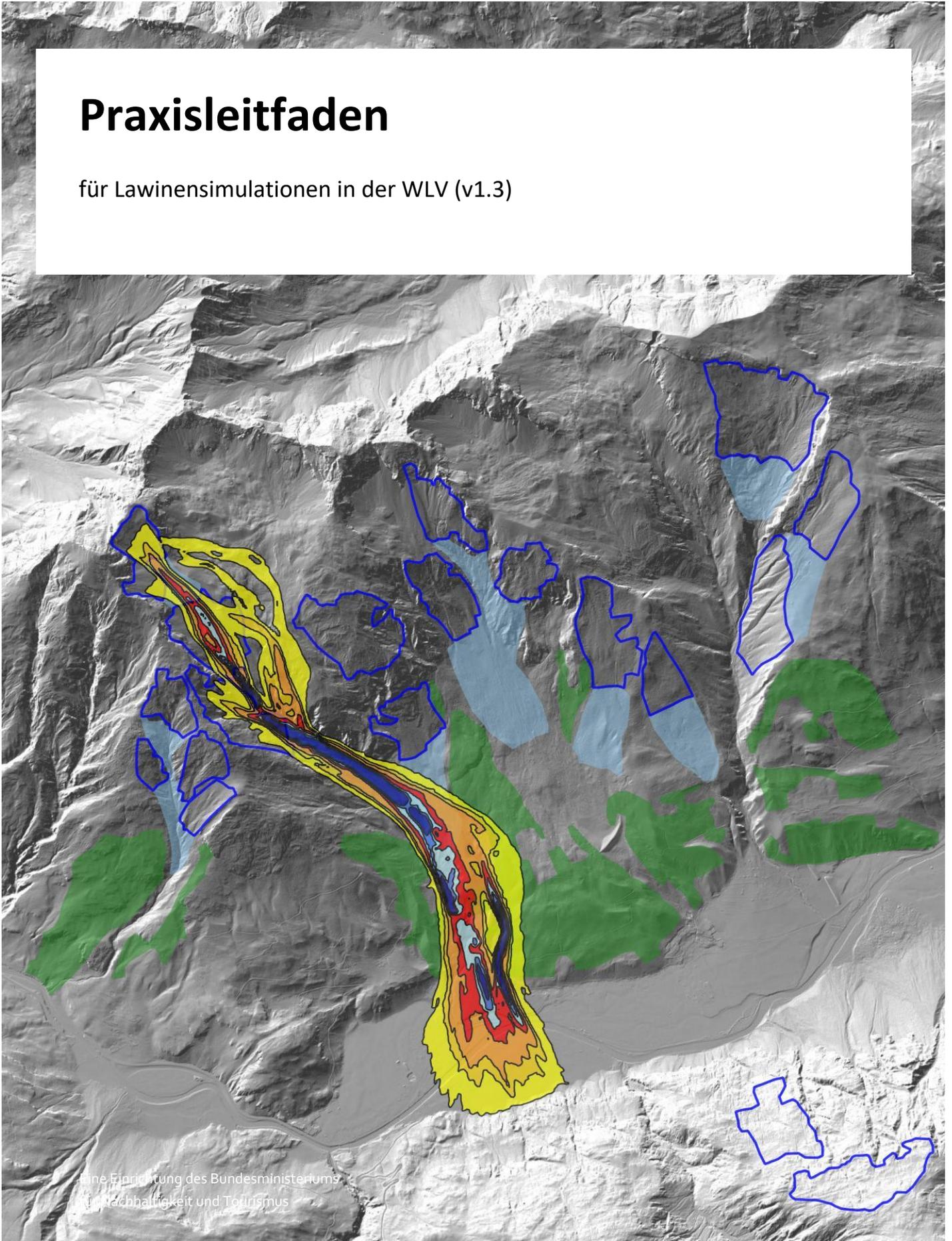


Praxisleitfaden

für Lawinensimulationen in der WLW (v1.3)



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Wildbach- und Lawinerverbauung

Forsttechnischer Dienst

Fachzentrum Geologie und Lawinen, Fachbereich Lawinen

Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck

die-wildbach.at

Autorinnen und Autoren: C. Tollinger, M. Granig, A. Jenner, F. Oesterle, P. Siegele,
H. Hochreiter)

Gesamtumsetzung: Fachzentrum Geologie und Lawinen (FZGL), Fachbereich Lawinen (FBL)

Fotonachweis: Fachbereich Lawinen (Kartengrundlage basemap.at)



Innsbruck. Stand: 5. April 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an schneelawine@die-wildbach.at

Inhalt

1 Ziel und Grundlagen	4
2 Modelle	6
2.1 AlphaBeta v4.x (QGIS)	6
2.2 SamosAT DFA, SamosBeta und AvaFrame	6
2.3 RAMMS.....	7
2.4 SamosAT PSA	7
2.5 Übersicht Anwendungsbereiche.....	8
3 Vorarbeiten	9
3.1 Datenerhebung	9
3.1.1 Historische Daten	9
3.1.2 Aktuelle Daten.....	9
3.2 Datenanalyse und -auswertung.....	10
3.3 Modellgrundlagen.....	10
3.3.1 Digitale Geländemodelle	10
3.3.2 Anbruchgebiete	11
3.3.3 Anbruchmächtigkeit	13
3.3.4 Entrainmentgebiete.....	13
3.3.5 Widerstandsgebiete	14
4 Programmanwendung	16
4.1 Lawinensimulation	16
4.2 Ergebnisinterpretation/ Dokumentation	17
5 Datennutzung	18
6 Anhang	19
6.1 Richtlinien, Papers.....	19
6.2 Literatur	19
6.3 Tabellen ausgewählter Stationen (Hözl et al. 2021)	22
6.4 Höhengradient der 3TNSS _{150j} in cm/m (Hözl et al. 2022).....	26

1 Ziel und Grundlagen

Der vorliegende Praxisleitfaden stellt den Arbeitsprozess Lawinenmodellierung für die direkte Anwendung im Dienstbetrieb der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) dar. Ziel ist es, einen Überblick in der Thematik der Lawinenberechnungen zu schaffen, zudem soll der Praxisleitfaden als Entscheidungshilfe dienen. Der Praxisleitfaden fungiert als Qualitätssicherung im Umgang mit Lawinensimulationen innerhalb des Dienstzweiges und bei der Zusammenarbeit mit externen Fachkollegen/-innen. Für Fragestellungen, Ideen und Anregungen stehen die Mitarbeiter des Fachbereichs Lawinen gerne zur Verfügung (schneelawine@die-wildbach.at).

Die Lawinenmodellierung ist Teil eines umfangreichen Arbeitsprozesses. Sie erfolgt innerhalb der Wildbach- und Lawinenverbauung i.d.R. einzugsgebietsbezogen nach dem folgenden Schema.

Tabelle 1: Arbeitsprozess Lawinenmodellierung



Vorarbeiten	Datenerhebung
	Datenanalyse-und--auswertung
	Modellaufbereitung
Programmanwendung	Lawinensimulation
	Ergebnisinterpretation/-Dokumentation
Datennutzung	Weiterverwendung

In Österreich werden Lawinensimulationen zur Beurteilung der Gefährdung durch Lawinen im Rahmen der Projektierungen für Schutzbauten, der Gefahrenzonenplanung und auch für die Sachverständigentätigkeit durchgeführt.

Die Bestimmung des „Bemessungsereignisses“ einer Lawine mit einer extremwert-statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 150 Jahren ist in der Gefahrenzonenplanung erforderlich (§6 der GZP-VO, ONR 24800). Nicht zu verwechseln ist dies mit dem 100-jährlichen Ereignis zur Dimensionierung von Verbauungen. Die Grenzen der Lawinendruckwirkungen von 1 kPa und 10 kPa sind entsprechend der Ausweiskriterien für Rote und Gelbe Lawinengefahrenzonen

von besonderer Bedeutung (Richtlinien für die Gefahrenzonenplanung BMLFUW-LE.3.3.3/0185-IV/5/2007, Fassung vom 4. Feb. 2011).

Da sowohl die Lawinenmodelle als auch die Eingangsdaten einer ständigen Adaptierung und Weiterentwicklung unterliegen, wird der Stand der Technik mit dem Erscheinungsdatum des Leitfadens repräsentiert. Als Grundlagen dienen einerseits die jeweiligen aktuellen Modell-Handbücher, aber auch wissenschaftliche Erkenntnisse und Studien (siehe Kap. 5 Anhang).

Die folgenden Ausführungen sollen durch das Thema der Lawinenmodellierung leiten.

2 Modelle

Die Verwendung von Lawinen-Simulationssoftware in der Praxis setzt bestimmte Rahmenbedingungen voraus, die erfüllt sein müssen. Eine entsprechende *Kalibrierung* des jeweiligen Modells anhand nachvollziehbarer Beispiele bzw. Referenzlawinen muss vorliegen. Ebenso muss auch der *Support* des Modells sichergestellt sein.

Die derzeit in der WLV verwendeten Lawinenmodelle werden nachfolgend jeweils in Form eines Steckbriefs beschrieben.

2.1 AlphaBeta v4.x (QGIS)

Das AlphaBeta-Modell ist ein statistisches 1D-Modell, welches anhand von 100 *Referenzlawinen* in Österreich kalibriert wurde (Wagner et al. 2016). Das Modell dient der einfachen und schnellen Abschätzung von potenziellen Auslauflängen ausgehend von dem 10°-Punkt. Die Erfahrung zeigt, dass große Lawinen unter Neigungen von 10° zunehmend verzögern und die Geschwindigkeit abnimmt (Lawinenauslaufbereich). Das AlphaBeta-Modell bietet trotz seiner Einfachheit folgende Möglichkeiten:

- Anwendungsbereich: Fließlawinen
- einfache und schnelle Anwendung als QGIS-Plugin
- Bestimmung und Visualisierung des 10°-Punktes
- Ergebnis: 10°-Punkt und maximale Auslauflänge auf Profillinie (+ Standardabweichung)

Für AlphaBeta v4.x gibt es ein praxisorientiertes Handbuch (Granig et al. 2019). Zur Verfügung stehen Parametersetups für Groß- und Kleinlawinen. Umfangreichere Fragestellungen und detailliertere Auswertungen erfordern den Einsatz mehrdimensionaler Modelle.

2.2 SamosAT DFA, SamosBeta und AvaFrame

SamosBeta ist die Anwenderversion von SamosAT DFA. Grundlage sind Flachwassergleichungen (tiefengemittelt; shallow-water). Das 2D-Modell ist auf Basis von *Referenzlawinen* auf 150-jährliche Bemessungsereignisse kalibriert (Oberndorfer und Granig 2007, Sampl und Granig 2009). Für Kleinlawinen bis zu einer Anbruchkubatur von 25.000 m³ und einem Lawinenauslauf unterhalb von 1.500 m Seehöhe ist ein eigener Parametersatz (Small Avalanche) verfügbar (Tollinger und Granig 2020). SamosAT DFA / SamosBeta bietet zur Berücksichtigung in den Lawinen-Szenarien folgende Möglichkeiten:

- Anwendungsbereich: Fließlawinen (trocken)
- Entrainment
- Widerstandsgebiete (erhöhte Rauigkeiten)
- sekundäre Anbruchgebiete (automatisch)
- Ergebnisse in der Fläche (2D): Maximaldruck (ppr), maximale Fließmächtigkeit (pfd) und maximale Fließgeschwindigkeit (pv)

Für SamosBeta (Version v2.0) gibt es eine anwendungsorientierte Bedienungsanleitung (Granig et al. 2018). Aktuell wird das Lawinenmodell AvaFrame mit QGis-Anbindung entwickelt, welches in Zukunft die Samos DFA-Modellierung ersetzen soll. Die Berechnungsergebnisse dieses Modells sind nahezu ident mit den SamosAT DFA und SamosBeta Fließlawinensimulationen. Eine Anwenderversion, sowie weiterführende Informationen sind unter <https://avaframe.org> abrufbar.

2.3 RAMMS

Das vom SLF entwickelte Lawinenmodell RAMMS basiert, wie auch SamosBeta/SamosAT, auf Flachwassergleichungen (tiefengemittelt; shallow-water). Das Modell ist auf verschiedene Lawinengrößen (Tiny, Small, Medium, Large) und unterschiedliche Wiederkehrdauern (30a, 100a, 300a) kalibriert. Das Modell RAMMS weist vergleichbare Möglichkeiten wie SamosAT DFA/SamosBeta auf:

- Anwendungsbereich: Fließlawinen
- Waldwiderstandsgebiete (forest file)
- sekundäre Anbruchgebiete (manuell zeitversetzt)
- Ergebnisse in der Fläche (2D): Maximaldruck (ppr), maximale Fließmächtigkeit (pfd) und maximale Fließgeschwindigkeit (pv)

Das Benutzerhandbuch (RAMMS Avalanche User Manual v1.7.2 (Bartelt et al. 2017)) lässt sich unter <http://ramms.slf.ch> herunterladen.

2.4 SamosAT PSA

Das SamosAT Staublawinenmodell basiert auf einer vollen 3D-Modellierung und ist auf Basis von Referenzlawinen auf 150-jährliche Bemessungsereignisse kalibriert (aktueller Parameterstand März 2017). Der Ansatz ist komplex und benötigt lange Rechenzeiten (> 6-8h). Möglich sind sequenzielle und parallele Berechnungen unter Verwendung mehrerer Rechenkerne. Bei den Staublawinenberechnungen können folgende Szenarien berücksichtigt werden:

- Anwendungsbereich: Staublawine
- Entrainment
- Widerstandsgebiete (z.B. Wald)
- sekundäre Anbruchgebiete (automatisch)
- Ergebnis: Staubdruck in Schnittfläche von 2 m Höhe

Bei dem Modell SamosAT PSA handelt es sich um eine komplexe Modellierung. Für eine plausible Ergebnisinterpretation ist entsprechende Erfahrung erforderlich. Die fachgerechte Anwendung setzt eine spezifische Schulung und längerfristige Anwendungsroutine voraus. Für Fragen zum SamosAT PSA Modell stehen die Mitarbeiter des Fachbereichs Lawinen (FBL) gerne zur Verfügung.

2.5 Übersicht Anwendungsbereiche

Die folgende Tabelle zeigt grob die maßgeblichen Anwendungsbereiche der Modelle nach Größe der Lawinen (Gruber et al. 1999) bzw. Lawinentyp. Einer gesonderten Analyse bedarf es bei der Betrachtung von Schutzbauwerken wie z.B. Lawinenleit- und Auffangdämmen, sowie Lawinengalerien, aber auch bei Restanbruchgebieten.

Tabelle 2: Übersicht der üblichen Anwendungsbereiche der Modelle

Schneerutsch	Kleinlawine < 25.000 m ³	Mittelgroße Lawine 25.000 m ³ bis 60.000 m ³	Großlawine > 60.000 m ³	Staublawinen
				SamosAT PSA
	SamosAT DFA /SamosBeta /AvaFrame			
	RAMMS			
	AlphaBeta-Modell			
Schneerutschtool				

3 Vorarbeiten

Durch eine umfassende Datenerhebung und deren anschließende Analyse und Auswertung kann die Ereignisgeschichte oftmals rekonstruiert werden und ein Bild der Lawineneigenschaften erschlossen werden. Für die Aufbereitung des Modellinputs ist es erforderlich verschiedene Punkte festzulegen, wie

- Art der Sturzbahn: kanalisiert/ flächig, Lawinenebenen, potentielle Ausbruchstellen
- Potentielle Entrainmentgebiete
- Widerstandsgebiete (relevante Waldgebiete)
- Auslaufbereich: Geländemorphologie, bauliche Rauigkeitselemente
- Schutzwirksame Maßnahmen, z.B. Anbruchverbauung, Leit- und Auffangdämme, Aufforstungen

3.1 Datenerhebung

Um eine umfassende Datenanalyse und -auswertung vornehmen zu können, ist es wichtig, sowohl historische Daten als auch aktuelle Informationen zu erheben.

3.1.1 Historische Daten

Historische Daten werden vor allem über folgende Medien und Methoden erhoben:

- Historische Methode: Sichtung von Chroniken, Augenzeugenberichten, Fotos, private Sammlungen, Ortschroniken und Archive
- WLK Abfragemanager Ereignis (<https://gis.die-wildbach.at/wlk/apps/abfragemanager/#/home> oder <https://gemeindeportal.die-wildbach.at>)
- Luftbilder (GIS-Systeme der Bundesländer)
- Oberflächen-/ Geländemodell (GIS-Systeme der Bundesländer)
- Flurnamen (GIS-Systeme der Bundesländer)
- Franziszeischer Kataster (<http://mapire.eu/>)
-

3.1.2 Aktuelle Daten

Außerdem werden Daten erhoben, die einen vergleichsweise aktuellen Zeithorizont haben bzw. erst jetzt dokumentiert werden. Hierbei kann ein Abgleich mit bereits erhobenen historischen Daten erfolgen. Wesentliche Methoden sind:

- Befragungen (Ortsansässige, Lawinenkommissionen, Gemeindevertreter, ...)
- Geländebegehung, Ortsaugenschein, Winterbefliegungen, Ausaperungskartierungen
- Gegenhangbeobachtungen
- Sichtung von Wetterstationsdaten
- Dokumentation „Stummer Zeugen“ (Morphologie, Dendrochronologie, ...)
- Wald- und Vegetationskartierungen
-

3.2 Datenanalyse und -auswertung

Sämtliche erhobenen Daten werden zusammengeführt. Diese Daten und die sich daraus ergebenden Überlegungen müssen plausibilisiert werden. Nach der Analyse und Auswertung der erhobenen Daten können folgende Fragen diskutiert und Festlegungen dazu getroffen werden:

- Welche Lawinencharakteristik ist maßgeblich?
- Welche Modelle machen im gegenständlichen Fall Sinn?
- Was ist das Bemessungsereignis?
- Was sind häufig wiederkehrende Ereignisse?
- Was ist Ziel der Modellierung?
-

3.3 Modellgrundlagen

In die Lawinenmodelle werden verschiedene Basisdaten implementiert. Die Erhebungsdaten werden in den sogenannten Modellinput übersetzt. Grundlage bildet ein digitales Geländemodell und die Ausweisung von Anbruchgebieten sowie deren mittlere Anbruchmächtigkeit (d_0). Zur Abbildung von erhöhten Rauigkeiten des Geländes in der Sturzbahn werden Widerstandsgebiete (Wald) hervorgehoben. Es werden auch Festlegungen zur Schneemobilisierung als Entrainment unterhalb der definierten Anbruchgebiete getroffen. Die einzelnen Schwerpunkte der Modellaufbereitung werden im Folgenden kurz abgehandelt.

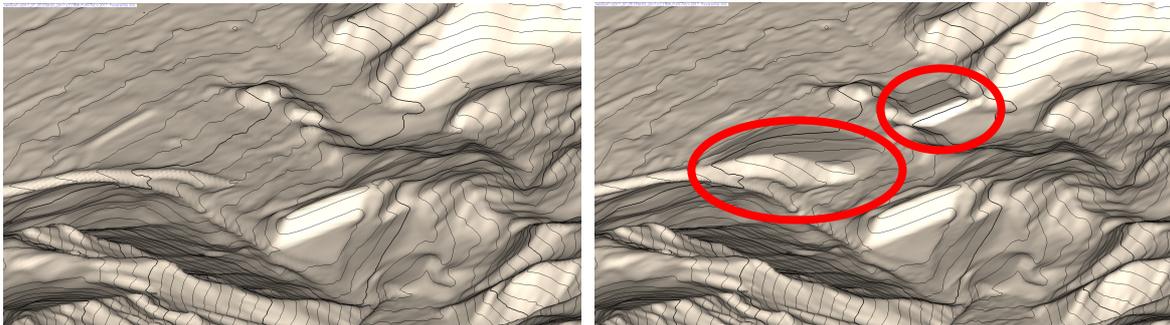
3.3.1 Digitale Geländemodelle

Digitale Geländemodelle (DGM) werden standardmäßig als Laserscandaten mit einer Gitterauflösung von 5 m verwendet. Auf diese Rasterweite sind die Lawinen-Modelle derzeit kalibriert, deshalb sollte davon nur in begründeten Ausnahmefällen abgewichen werden. Durch einen kurzen visuellen Check wird das verwendete DGM auf etwaige offensichtliche Fehler geprüft und plausibilisiert.

Bauliche Maßnahmen, wie beispielsweise massige Schutzdämme, Bergbau, Straßen- oder Pistenbau, Deponien, o. ä. sind in Abhängigkeit vom Befliegungszeitpunkt zur Erstellung des DGM in diesem repräsentiert. Das Befliegungsjahr (Laserscanning) sollte immer überprüft werden. In besonderen Fällen kann das DGM entsprechend angepasst werden. Dies kann auch erfolgen, um geplante Maßnahmen im Modell abzubilden.

Achtung: Im 5 m Raster sind Dammbauwerke je nach Größe und Lage der Gitterpunkte meist nicht in der vollen Ausdehnung repräsentiert.

Abbildung 1: digitales Geländemodell: Urgelände (links) und geplante Dämme (rechts)



3.3.2 Anbruchgebiete

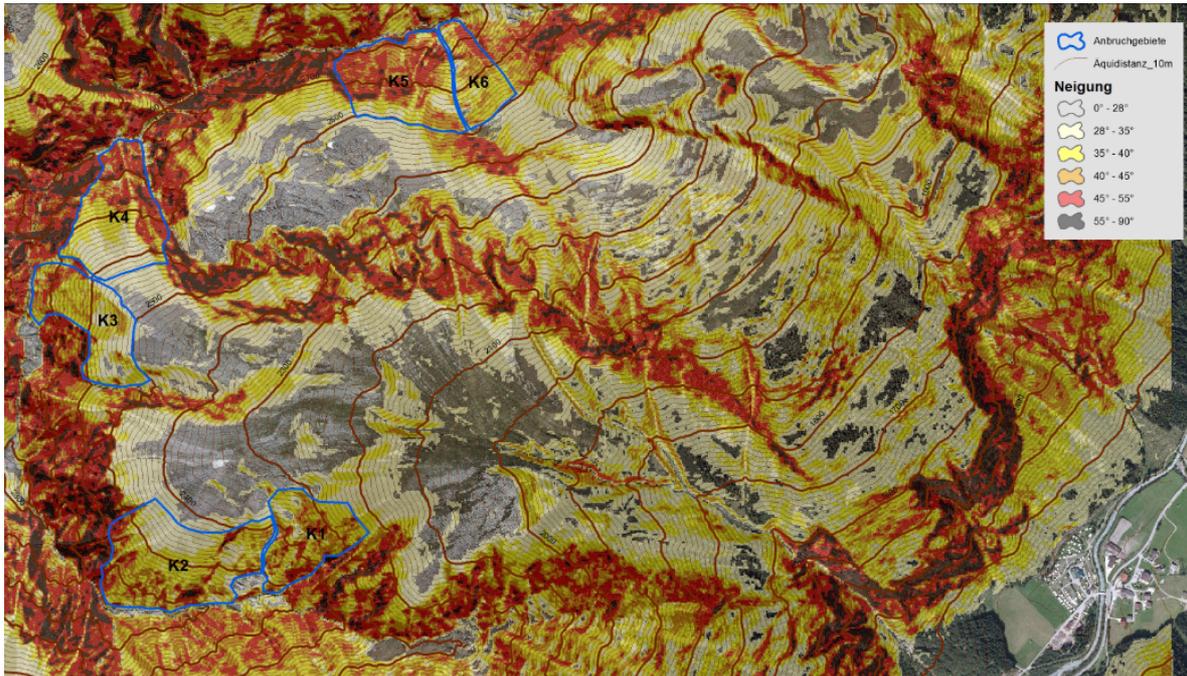
Bei der Kartierung von Anbruchgebieten liegt die Herausforderung darin, eine sinnvolle Abgrenzung im Hinblick auf Lawinen mit einer *150-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit* zu finden. Folgende Arbeitsschritte sind erforderlich/ sinnvoll:

- Maßgebliches Kriterium: Hangneigung (> 28 Grad bis 50~55 Grad) -> Neigungskartierung
- Festlegung des potentiellen Anbruchgebietes
- unter Berücksichtigung der Wintergeländeoberfläche werden Anbruchgebiete in einer sinnvollen Größenordnung (Geländekammern) kartiert

Definition der maßgeblichen Anbruchgebiete

Einzugsgebiete, bei denen *Bemessungslawinen* aus verschiedenen Expositionen wirksam werden können, sind anders zu bewerten als bei lediglich einem maßgeblichen Anbruchbereich. Als Beispiel ist in der folgenden Abbildung 2 ersichtlich, dass drei Anbruchszenarien (K1+2, K3+4, K5+6) aus unterschiedlichen Bereichen eines Einzugsgebietes (EZG) als Bemessungslawine möglich sind. Stark unterschiedliche Expositionen können getrennt berechnet werden.

Abbildung 2: Beispiel für Bemessungsszenarien aus unterschiedlichen Expositionen eines EZG



Um Ordnung in die meist zahlreichen Simulationsresultate zu bringen ist vorab die Überlegung zu einer einheitlichen Namensgebung wichtig. Die untenstehende Namenskonvention dient als Beispiel zur Benennung der Szenarien und Simulationen:

Abbildung 3: Namenskonvention (Empfehlung)

Modell	Anbruchgebiet	Entrainment	Widerstandsgebiet	Ergebnis	Prozess
SamosAT	XYZ1	ent	res	ppr	DFA
				pv	DFA
				pdf	DFA
				ppr	PSA
RAMMS	XYZ1	-	for	MAXP	-
				MAXV	-
				MAXH	-

Die Anbruchkombination der Anbruchgebiete 1 und 2 mit Entrainment und Waldwiderstandsgebieten der Beispiel-Lawine würde als SamosAT Staublawinenberechnung beispielsweise wie folgt benannt werden:

sat_XYZ1_ent_res_ppr_PSA

3.3.3 Anbruchmächtigkeit

Die *Anbruchmächtigkeit* d_0 je Anbruchgebiet wird in Anlehnung an das Prozedere der Schweizer Richtlinien (Salm et al. 1990) bestimmt.

- zur Ermittlung der *150-jährlichen Dreitagesneeschnee-summe* ($3TNSS_{150j}$) wird das Extremwertstatistiktool EVA+ der ZAMG (Schellander et al. 2011), bzw. die Tabelle ausgewählter Stationswerte (Hölzl et al. 2021, siehe Anhang) verwendet. Für die Verwendung von EVA+ wurde eine *Anwendungshilfe* vom Fachbereich Lawinen ausgearbeitet (Tollinger 2014, Kap. 5.1)
- der *Höhengradient* der $3TNSS_{150j}$ (Hölzl et al. 2022, siehe Anhang) wird einzugsgebietsbezogen verwendet, d.h. unabhängig davon, wo die Wetterstation situiert ist. Relevant ist außerdem die *Höhendifferenz* des jeweiligen Anbruchgebietes zur Wetterstation
- Schneeverfrachtung wird derzeit gutachtlich bestimmt. Die Einwehung von Schnee in das jeweilige Anbruchgebiet wird flächig ausgewiesen (übliche Werte 0/ 0,3/ 0,5 m)
- Neigungskorrektur zur Ermittlung der Anbruchmächtigkeit

Die mittlere *Anbruchmächtigkeit* d_0 nach Salm et al. (1990) errechnet sich folgendermaßen, wobei d_0^* die Summe aus der $3TNSS_{150j}$, Triebsschnee und der Höhenkorrektur bildet. $f(\psi)$ bildet den Neigungsfaktor für die mittlere Hangneigung des jeweiligen Anbruchgebietes.

$$\text{Formel: } d_0 = d_0^* f(\psi)$$

3.3.4 Entrainmentgebiete

Die Festlegung von Entrainmentgebieten im Modell SamosAT/ SamosBeta erfolgt optional. In den Modellen findet Schneeaufnahme als basales Entrainment (Schneeerosion an der Basis) in den vorgegebenen, von der Lawine überstrichenen Flächen, statt. Das Modell RAMMS ist auf Basis von Lawinen mit Entrainment kalibriert, daher ist Schneeaufnahme in der Sturzbahn als Option nicht vorgesehen. Als Entrainmentgebiete werden Flächen in der Sturzbahn ohne/ mit geringer Vegetationsbedeckung und entsprechenden Neigungsverhältnissen und angrenzenden Hangpartien festgelegt. Eine grobe Orientierung bieten die Neigungskriterien für die Festlegung der Anbruchgebiete, wobei auch geringer geneigte Hangbereiche zu berücksichtigen sind. Für (stark) kanalisierte oder bewaldete Abschnitte der Sturzbahn wird im Modell üblicherweise kein Entrainmentprozess angenommen. Bei kanalisierten Sturzbahnen sind die von Lawinen überstrichenen Flächen eher klein, daher ist kein maßgeblicher Massenzuwachs (Growth-Faktor) zu erwarten.

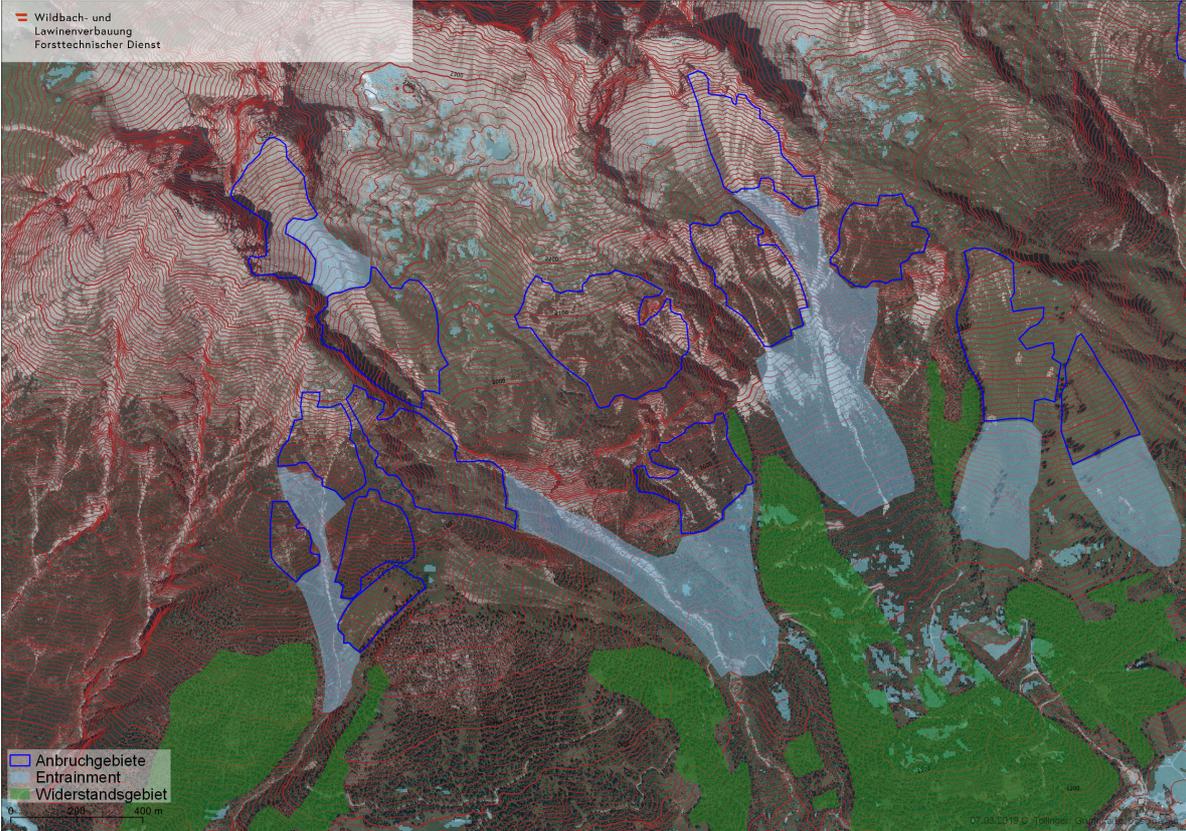
Standardmäßig wird für Entrainment eine Mächtigkeit von 0,3 m verwendet. Größere Werte als ca. 0,5 m können eine numerische Instabilität bewirken. Kleinere Werte können in begründeten Fällen verwendet werden.

Das untere Ende der Entrainmentflächen ist mindestens 100 Höhenmeter oberhalb des Talbodens/Auslaufbereichs anzusetzen. Dies deshalb, da die zusätzlich aufgenommenen Schneepakete (Entrainment) auf die jeweilige Lawinengeschwindigkeit gebracht werden müssen. Andernfalls kann eine Geschwindigkeitsabnahme der Lawinengeschwindigkeit verursacht und folglich ein verkürzter Lawinenauslauf bewirkt werden.

3.3.5 Widerstandsgebiete

Als Anhaltspunkt für die Abgrenzung von Waldwiderstandsgebieten wird eine abgeleitete digitale „Baumhöhenkartierung“ verwendet. Dem DGM wird ein DOM (digitales Oberflächenmodell) des gleichen Aufnahmezeitpunktes gegenübergestellt. Die Differenz DOM - DGM bildet die Vegetationshöhe ab. Der Grad der Widerstandsfähigkeit ist gutachterlich festzulegen. Eine entsprechende Baumdichte ist Voraussetzung für die Berücksichtigung von Waldwiderstandsgebieten. Baumhöhen < 10 m werden als wenig relevant erachtet. Waldwiderstandsgebiete (forest) zeigen im Modell RAMMS eine stärkere Wirkung als die Modelle SamosAT/ SamosBeta. In letzteren können in begründeten Fällen verschiedene Widerstandsgebiete (woods, rocks, mounds, blocked, user) festgelegt werden.

Abbildung 4: Anbruchgebiete (blau), Entrainment (hellblau) und Widerstandsgebiete (grün)



4 Programmanwendung

In diesem Kapitel wird eine praktische Herangehensweise des Einsatzes von Lawinenmodellen für verschiedene Anwendungsbereiche vermittelt. Dazu ist es notwendig, die Stärken und Schwächen der Modelle zu kennen. Jedes Modell hat seinen programmbedingten Einsatzbereich (siehe Handbücher der Modelle in Kap. 2).

Im Zuge der Lawinensimulation werden die Lawinencharakteristik und verschiedene Szenarien festgelegt, um möglichst repräsentative Simulationsergebnisse zu erzielen. Bei der anschließenden Ergebnisinterpretation wird der Modelloutput ausgewertet.

4.1 Lawinensimulation

Nach der Implementierung der natürlichen Gegebenheiten als Input-Daten für die Modellierung liegt der Schwerpunkt nun auf der Festlegung der Lawinencharakteristik, um auch diese bestmöglich ins Modell zu integrieren. Hierbei müssen vorab verschiedene Fragen geklärt werden, da diese Auswirkungen auf das Berechnungsergebnis haben.

Dazu müssen verschiedene Modell-Grenzbereiche bedacht werden. Anpassungen können durch die Verwendung spezieller Parametersets erfolgen, wie zum Beispiel:

- SamosAT/SamosBeta Kleinlawine: < 25.000 m³ Anbruchkubatur und Lawinenauslauf unterhalb von 1.500 m Seehöhe?
- Höhenlage > 1.800 m Seehöhe (inneralpin): Achtung! Besonders große Auslauflängen sind real möglich welche in den Modellen teils unzureichend abgebildet werden
- vorgegebene Kategorien der Lawinengröße: v.a. in größeren Höhenlagen oder im Grenzbereich auch mit der nächsten Kategorie rechnen (Lawinengröße bzw. Jährlichkeit)!

Im Regelfall wird jedes Anbruchgebiet zuerst als sogenannte *Nullvariante*, sprich Anbruchgebiete ohne Berücksichtigung von Entrainment etc. berechnet. Die Berücksichtigung von Entrainment, Widerstandsgebieten, usw. wird je Parameter durchgeführt, d.h. die Anpassung an die Naturgegebenheiten erfolgt schrittweise und wird jeweils mit den vorangegangenen Ergebnissen bzw. der Nullvariante verglichen. Anbruchgebietskombinationen werden ebenso schrittweise zusammengefügt und beginnend mit der Nullvariante berechnet. In Zusammenschau mit vorhandenen Chronikdaten, technischen Erhebungen, etc. wird schließlich das *Bemessungsszenario* ausgearbeitet.

Außerdem ist immer zu hinterfragen, welches der verfügbaren Modelle zur Simulation herangezogen werden kann.

- Sind Staublawinenprozesse (PSA) relevant?
- Ist von trockenem oder nassem Lawinenschnee auszugehen?
- Spielt der Entrainmentprozess eine entscheidende Rolle?
- Sind Widerstandsgebiete maßgebend?
- Sind mögliche *Vorverfüllungen* von Tiefenlinien durch häufige Auslösung, auch kleiner Lawinen, zu bedenken?
- Welche Szenarien sind für ein 150-jährliches Bemessungsereignis repräsentativ?
- Welche Dimension der Lawine ist zu erwarten? Handelt es sich um eine Kleinlawine?
- In welcher Höhenlage erfolgt der Lawinenauslauf?
- Gibt es potentielle sekundäre Anbruchgebiete?
- Sind Restanbruchgebiete zu unterstellen?
- Sind diese Restanbruchgebiete Teil eines realistischen Gesamtanbruchs?
- Kann der Sturzbahnverlauf in der Simulation entsprechend berücksichtigt werden?
- Kann die Wirkung von baulichen Schutzmaßnahmen (im Vergleich zum Urgelände) abgebildet werden? Oder ist die Maßnahme wirkungslos? (siehe auch Kap. 3.3.1)
- ...

4.2 Ergebnisinterpretation/ Dokumentation

Die Simulationsergebnisse (Modelloutput) müssen entsprechend aufbereitet werden, um für deren künftige Verwendung nachvollziehbar und plausibel herangezogen werden zu können. Im Zuge der Interpretation erfolgt eine Zusammenschau der Berechnungsergebnisse. Diese Dokumentation erfolgt in der Regel in Form eines Technischen Berichtes. Es werden die wesentlichen Erkenntnisse aus der Modellierung zusammengefasst und in Form einer Gesamtinterpretation, bezogen auf die grundlegende Fragestellung, abgebildet. Hierbei sind zwei wesentliche Grundsätze zu beachten. Die Nachvollziehbarkeit und Plausibilität des Inhaltes beruhen auf Objektivität und Transparenz. Unsicherheiten und Grenzen der einzelnen Modelle müssen aufgezeigt werden, da kein Modell die Realität exakt wiedergeben kann.

Der Technische Endbericht samt Anhang enthält im Idealfall die Lawinenchronik, Inputdaten, Modellergebnisse und deren Interpretation, die verwendeten Parametersets und logfiles.

5 Datennutzung

Die Ergebnisse der Lawinenmodellierung können für weitere Berechnungshilfen, wie das Dammtool oder Galerietool herangezogen werden.

Die Weiterverwendung der Daten erfolgt im Rahmen der Gefahrenzonenplanung, der Erstellung von Schutzkonzepten, der Maßnahmenplanung, der Sachverständigentätigkeit etc.

6 Anhang

6.1 Richtlinien, Papers

- ONR 24800, 24805, 24806 & 24807
- EVA+ (Schellander et al. 2011)
- Anwendungshilfe für die Ermittlung der 3TNSS_{150j} mit EVA+ in der WLW (Tollinger 2014)
- Bedienungsanleitung SamosBeta für die Version v2.0 (Granig et al. 2020)
- RAMMS Avalanche User Manual v1.7.0 (Bartelt et al. 2017)
- Bestimmung der Höhengradienten der 100- und 150-jährlichen Schneehöhen und 3-Tages-Neuschneesummen für Österreich (Hölzl et al. 2022)
- Handbuch Alpha-Beta v4.0 (Granig et al. 2020) bzw. (Wagner et al. 2016)
- Arbeitsbehelf zur Abgrenzung von Schneegleiten, Schneerutschen und Kleinlawinen in der Gefahrenzonenplanung (Granig et al. 2018)
- Samos Basics (Oesterle et al. 2020)
- <https://avaframe.org>

6.2 Literatur

Bartelt, P., Y. Buehler, M. Christen, Y. Deubelbeiss, M. Salz, M. Schneider, und L. Schumacher (2017): User Manual v1.7.0. Avalanche. WSL Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. SLF.

Christen, M., J. Kowalski, und P. Bartelt (2010): RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, 63, 1–14.

Fischer, J.T. (2014): Optimization and Evaluation Approaches in computational Snow Avalanche Dynamics. Ph. D. thesis, Universität Innsbruck.

Granig, M. (2012): Grundlagen und Anwendung von Lawinensimulationsmodellen. *Wildbach und Lawinenverbau*, 169, 68–77.

Granig, M., F. Oesterle, und C. Tollinger (2020): Handbuch Alpha-Beta v4.0. WLW, Fachbereich Lawinen.

Granig, M., und S. Oberndorfer (2008): Entwicklung und Kalibrierung des Fließ- und Staublawinenmodells Samos-AT. WLW, Stabstelle Schnee und Lawinen.

Granig, M., F. Oesterle, und C. Tollinger (2020): Bedienungsanleitung SamosBeta für die Version v2.0. WLV, Fachbereich Lawinen.

Granig, M., F. Oesterle, C. Tollinger, A. Vogl, und M. Pittracher (2018): Arbeitsbehelf zur Abgrenzung von Schneegleiten, Schneerutschen und Kleinlawinen in der Gefahrenzonenplanung. WLV, Sektion Tirol und Fachbereich Lawinen.

Gruber, U., P. Bartelt und, S. Margreth (1999): Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung. Teil 3: Anleitung zur Berechnung von Fließlawinen. SLF.

Hölzl, S., H. Schellander, und M. Winkler (2022): Bestimmung der Höhengradienten der 100- und 150-jährlichen Schneehöhen und 3-Tages-Neuschneesummen für Österreich. Endbericht (v1.3). ZAMG.

Hölzl, S., H. Schellander, und M. Winkler (2021): Tabellen der 100- bzw. 150-jährlichen Wiederkehrzeiten der Schneehöhe und der 3-Tages-Neuschneesumme in Österreich. Appendix zum Endbericht des Projektes Bestimmung der Höhengradienten der 150-jährlichen Schneehöhe und 3-Tages-Neuschneesumme für Österreich. ZAMG.

Oberndorfer, S., und M. Granig (2007): Modellkalibrierung des Lawinensimulations-programms SamosAT. Abschlussbericht. WLV, Stabstelle Schnee und Lawinen.

Oesterle, F., M. Granig, A. Kofler, C. Tollinger, J.T. Fischer, und M. Luxner (2020): Samos Basics. WLV, Fachbereich Lawinen.

Oesterle, F., A. Wirbel, M. Tonnel, und J.T. Fischer (2021): AvaFrame, aktueller Stand und Ausblick, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, 187, 266 – 269.

Salm, B., A. Burkard, und H. Gubler (1990): Berechnung von Fließlawinen – Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilung des Eidgenössischen Instituts für Schnee und Lawinenforschung.

Sampl, P. (2007): SamosAT - Modelltheorie und Numerik. AVL List GmbH.

Sampl, P., und M. Granig (2009): Avalanche Simulation with SAMOS-AT. International Snow Science Workshop Davos.

Schellander, H., Z. Christoph, und M. Buchauer (2011): EVA+ Extreme Value Analysis (<http://eva.zamg.ac.at/evaplus>). ZAMG.

Tollinger, C., und M. Granig (2020): Fallstudie Kleinlawine. WLV, Fachbereich Lawinen.

Tollinger, C. (2014): Anwendungshilfe für die Ermittlung der 3TNSS150j mit EVA+ in der WLV. WLV, Stabstelle Schnee und Lawinen.

Wagner, P., C. Tollinger, S. Johann, und G. Matthias (2016): Überarbeitung des AlphaBeta-Modells für das Ermitteln der Auslauflänge von Lawinen. WLV, Stabstelle Schnee und Lawinen.

6.3 Tabellen ausgewählter Stationen (Hözl et al. 2021)

Name	Bundes- land	Seehöhe [m]	Schneehöhe [cm]		3-T-Neuschneesumme [cm]	
			100-jährlich	100-jährlich	100-jährlich	150-jährlich
BERNSTEIN	B	615	128	149	58	63
BRUCKNEUDORF	B	167	54	58	42	45
EISENSTADT	B	210	55	59	48	52
NEUSIEDL AM SEE	B	133	83	96	44	48
WOERTERBERG	B	400	69	72	53	57
BAD BLEIBERG	K	904	218	230	152	161
DELLACH	K	620	157	167	165	186
DOELLACH - SAGRITZ	K	1071	169	183	126	135
FERLACH	K	474	110	114	93	99
FRIESACH	K	634	85	95	50	54
INNERKREMS	K	1520	185	190	123	128
KANZELHOEHE	K	1526	203	214	85	87
KLAGENFURT	K	447	88	94	68	74
KORNAT	K	1047	254	274	205	223
LOIBL - TUNNEL	K	1098	195	200	166	177
MALLNITZ	K	1185	226	252	137	149
PREITENEGG	K	1055	131	140	106	118
ST.ANDRAE - WINKLING	K	468	77	85	-	-
ST.MICHAEL OB BLEIBURG	K	527	120	129	97	105
VILLACH/SEEBACH	K	492	103	106	-	-
VILLACHER ALPE	K	2140	488	540	156	167
WEISSENSEE - NEUSACH	K	941	179	189	-	-
WEITENSFELD	K	715	86	96	-	-
ASPANG	NO	498	96	104	82	88
BADEN	NO	260	55	58	46	47
FUCHSENBIGL	NO	149	34	35	-	-
GROSS - ENZERSDOERF	NO	153	50	53	27	28
HOHENAU/MARCH	NO	155	46	52	28	30
JAPONS	NO	520	67	74	52	57
KREMS - LANDERSDORF	NO	200	42	45	39	49
LAA/THAYA	NO	187	67	74	41	44
LACKENHOF	NO	809	329	352	157	164
LANGENLEBARN	NO	175	59	62	57	61
LITSCHAU	NO	570	93	98	72	74
MOENICKIRCHEN	NO	980	144	156	75	79
NEUHAUS AM ZELLERAIN	NO	1103	365	390	216	235
PUCHBERG	NO	590	80	84	-	-
REICHENAU/RAX	NO	485	75	79	-	-
SCHWARZAU/GEBIRGE	NO	612	132	143	105	112
SCHWECHAT	NO	184	59	63	55	60
ST.POELTEN/VIEHOFEN	NO	274	70	75	66	72
STIFT ZWETTL	NO	506	83	92	55	60
WAIDHOFEN/YBBS	NO	365	139	159	56	58
WEITRA	NO	580	92	103	50	55
WOLKERSDORF	NO	170	87	97	50	54
WR.NEUSTADT - FOHLENHOF	NO	270	59	63	48	52
BAD ISCHL	OO	465	135	143	82	83
FEUERKOGEL	OO	1618	427	447	147	154

Name	Bundes- land	Seehöhe [m]	Schneehöhe [cm]		3-T-Neuschneesumme [cm]	
			100-jährlich	150-jährlich	100-jährlich	150-jährlich
FREISTADT	OO	548	76	82	51	55
GMUNDEN	OO	424	113	127	37	38
HOERSCHING	OO	298	41	43	32	33
KOLLERSCHLAG	OO	725	174	187	86	91
KREMSMUNSTER	OO	383	93	101	66	71
KRIPPENSTEIN	OO	2050	604	619	294	327
LAMBACH	OO	360	47	49	36	37
LINZ/STADT	OO	263	55	59	49	53
MONDSEE	OO	491	104	109	57	58
PABNEUKIRCHEN	OO	595	132	144	56	58
REICHERSBERG	OO	350	58	62	48	53
RIED IM INNKREIS	OO	431	66	71	46	48
ROHRBACH	OO	602	118	127	52	54
WAIZENKIRCHEN	OO	400	75	80	60	66
WINDISCHGARSTEN	OO	601	175	184	99	102
WOLFSEGG	OO	634	104	112	77	81
KALS	OT	1347	135	139	126	134
LIENZ	OT	668	172	186	197	219
MATREI IN OSTTIROL	OT	1050	135	143	161	179
OBERTILL.	OT	1430	249	264	199	210
SILLIAN	OT	1075	212	229	262	301
BAD GASTEIN	S	1100	111	114	99	103
BUCHEBEN	S	1135	166	172	111	117
ENZINGERBODEN	S	1480	204	214	155	174
MATTSEE	S	525	103	111	75	80
MOOSERBODEN	S	2036	340	356	-	-
RADSTADT	S	845	169	183	110	118
SALZBURG	S	424	67	71	47	49
SONNBLICK	S	3109	965	996	228	237
TAMSWEG	S	1012	114	120	67	69
UNTERTAUERN	S	1000	208	218	130	139
UTTENDORF	S	803	89	92	75	81
ZELL AM SEE	S	753	131	139	84	88
BAD AUSSEE	ST	675	198	207	174	189
BAD GLEICHENBERG	ST	303	82	87	67	72
DEUTSCHLANDSBERG	ST	410	103	111	75	80
GLEISDORF	ST	375	80	87	68	72
GRAZ - FLUGHAFEN	ST	337	91	100	72	79
HIEFLAU	ST	492	200	213	158	172
IRDNING - GUMPENSTEIN	ST	710	96	103	71	74
LEIBNITZ	ST	275	84	91	84	93
MARIAZELL	ST	863	217	234	97	102
MUERZZUSCHLAG	ST	758	116	122	125	135
SCHOECKL	ST	1436	231	248	156	175
SECKAU	ST	874	95	102	72	77
STOLZALPE	ST	1305	111	113	61	62
ZELTWEG	ST	669	90	98	122	141
ACHENKIRCH	T	920	153	159	121	126
BODEN LECHTAL	T	1356	239	253	131	134
BRENNER	T	1375	194	204	103	110
EHRENBACHHOEHE	T	1760	323	333	143	147

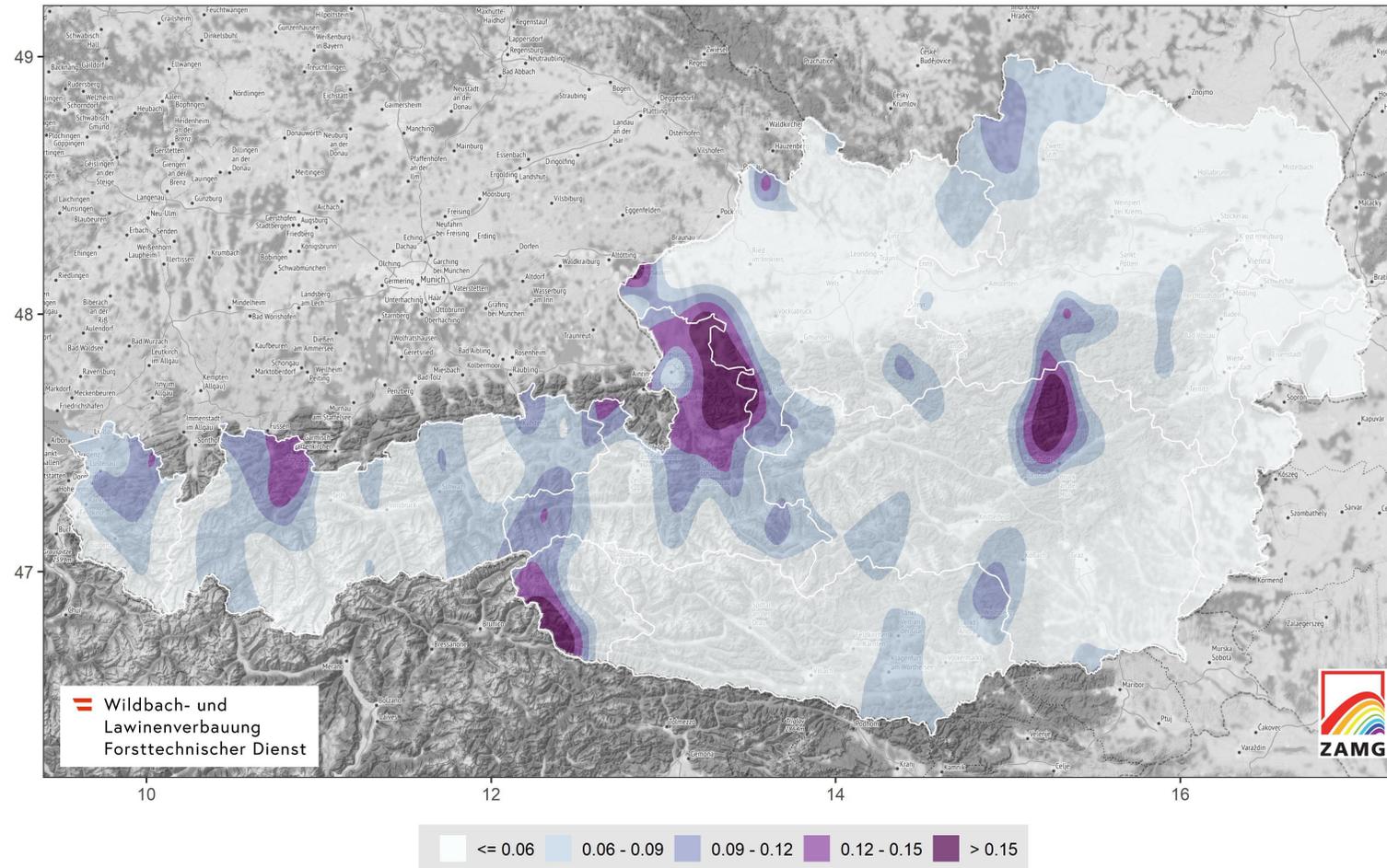
Name	Bundes- land	Seehöhe [m]	Schneehöhe [cm]		3-T-Neuschneesumme [cm]	
			100-jährlich	150-jährlich	100-jährlich	150-jährlich
EHRWALD	T	1015	229	257	99	104
FEICHTEN	T	1300	153	157	144	156
FIEBERBRUNN	T	780	209	216	140	144
GALTUER	T	1583	209	213	179	195
GERLOS	T	1280	185	190	139	147
GINZLING	T	1000	151	156	115	122
GRAMAIS	T	1320	165	171	122	126
GRIES IM SELLRAIN	T	1240	128	134	100	107
HAIMING	T	695	121	133	-	-
HALL IN TIROL	T	560	95	102	79	84
HAEUSLING	T	1280	137	144	131	143
HINTERRISS	T	930	174	178	139	146
HINTHORNBAACH	T	1100	227	235	162	169
HOEFEN	T	890	180	194	115	119
HOLZGAU	T	1095	213	221	171	182
IMST	T	860	108	115	108	116
INNERVILLGRATEN	T	1400	216	227	178	190
INNSBRUCK - UNIV.	T	577	84	89	76	81
ISELSBERG	T	1205	184	194	163	174
JERZENS - RITZENRIED	T	1120	100	105	77	82
JOCHBERG	T	980	174	182	118	124
KALTENBACH	T	600	116	123	111	121
KELCHSAU	T	815	129	133	93	96
KIRCHBERG	T	830	158	164	123	129
KIRCHBICHL	T	490	148	157	151	165
KOESSEN	T	590	156	216	126	130
KUFSTEIN	T	495	130	137	90	94
LANDECK	T	818	106	113	88	94
LANERSBACH	T	1270	126	130	130	142
LAENGENFELD	T	1180	97	101	64	67
MATREI AM BRENNER	T	970	73	76	82	86
MAYRHOFEN	T	643	132	141	78	84
NAMLOS	T	1260	226	240	131	136
NAUDERS	T	1360	219	237	125	132
OBERGURGL	T	1950	227	233	110	114
OBERLEUTASCH	T	1130	209	215	126	130
OBSTEIG	T	950	126	138	83	87
OETZ	T	760	78	82	65	69
PATSCHERKOFEL	T	2245	277	283	115	119
PERTISAU	T	935	203	210	131	135
PLANGEROSS	T	1620	246	262	105	108
PRAEGRATEN	T	1340	192	202	139	147
REUTTE	T	870	148	154	111	117
RIED IM OBERINTAL	T	880	124	137	97	106
RINN	T	900	71	74	70	77
ROTHOLZ	T	590	115	122	97	102
SCHARNITZ	T	970	157	161	134	142
SCHOENBERG	T	940	72	74	74	76
SCHWAZ	T	535	86	91	77	81
SEE IM PAZNAUN	T	1040	151	154	112	116
SEEFELD	T	1204	191	196	161	172

Name	Bundes- land	Seehöhe [m]	Schneehöhe [cm]		3-T-Neuschneesumme [cm]	
			100-jährlich	150-jährlich	100-jährlich	150-jährlich
SOELDEN	T	1380	104	109	87	91
ST.ANTON AM ARLBERG	T	1289	199	205	136	141
ST.JAKOB IM DEFREGGEN	T	1410	204	215	162	175
ST.LEONHARD IM PITZTAL	T	1370	130	135	88	94
ST.MARTIN I.GN.	T	875	167	174	160	168
TANNHEIM	T	1090	172	180	156	166
TRINS	T	1235	111	115	97	101
UMHAUSEN	T	1041	99	104	86	93
WAIDRING	T	775	187	196	132	136
WEERBERG	T	880	135	140	134	141
BOEDELE	V	1150	257	263	133	138
BRAND	V	1050	150	156	114	119
BREGENZ	V	424	68	71	68	72
DALAAS	V	908	255	274	177	189
DAMUELS	V	1365	472	498	199	205
DORNBIRN	V	440	70	72	72	75
EBNIT	V	1100	189	195	133	137
FELDKIRCH	V	439	81	86	73	78
HITTISAU	V	800	201	211	141	146
INNERLATERNS	V	1026	210	223	151	159
LANGEN AM ARLBERG	V	1270	318	328	206	215
LECH	V	1450	285	293	175	181
LUENERSEE	V	1970	502	515	163	169
LUSTENAU	V	404	72	77	83	90
MOEGGERS	V	1010	195	203	96	98
OBERVERMUNT	V	2045	326	337	182	194
PARTHENEN	V	1020	213	221	161	176
SCHOENENBACH	V	1040	396	420	160	164
SCHOPPERNAU	V	835	213	221	147	153
SCHROECKEN	V	1263	341	351	198	207
VERMUNT	V	1733	363	370	240	250
WARTH	V	1500	426	460	191	203
ZUERS	V	1720	343	347	210	218
WIEN - HOHE WARTE	W	198	53	55	50	53

Tabelle 1: 100- und 150-jährliche Schneehöhen und 3-Tages-Neuschneesummen an ausgewählten Messstationen in Österreich (ZAMG 2021).

6.4 Höhengradient der 3TNSS_{150j} in cm/m (Hölzl et al. 2022)

Höhengradient der 150-jährlichen 3-Tages-Neuschneesumme cm/m (Datenstand: 2022)



Wildbach- und Lawinverbauung

Forsttechnischer Dienst

Fachzentrum Geologie und Lawinen, Fachbereich Lawinen

Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck

die-wildbach.at