



Universität für Bodenkultur Wien

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur,
des Masterstudiums Alpine Naturgefahren, Wildbach- und Lawinerverbauung,
an der Universität für Bodenkultur Wien

METEOROLOGISCHE AUSLÖSEFAKTOREN FÜR GLEITSCHNEELAWINEN



Andreas Eberl

Eingereicht bei: Assoc. Prof. Dr. Ingrid Reiweger
Zweitbetreuer: Dr. Andreas Gobiet

Wien, im Mai 2019

Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei all jenen Personen recht herzlich bedanken, die mich bei meiner Diplomarbeit betreut und unterstützt haben. Ein besonderer Dank gilt natürlich meinen beiden Betreuern, Dr. Ingrid Reiweger und Dr. Andreas Gobiet, die mich stets gut beraten und mir immer sehr hilfsbereit zur Seite gestanden haben. Speziell bedanken möchte ich mich außerdem beim Lawinenwarndienst Steiermark, welcher mir dankenswerter Weise sämtliche Aufnahmen der Panoramakamera auf der Planneralp zur Verfügung gestellt hat und somit die Datenauswertung dieser Bilder, was ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit ist, ermöglicht hat. Ein besonders herzlicher Dank ergeht auch an meine Familie, welche mich bei dieser Arbeit und während meines ganzen Studiums immer mit vollstem Einsatz unterstützt hat.

Deklaration

Ich erkläre eidesstattlich, dass die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, und mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht wurden.

Wien, im Mai 2019

Andreas Eberl

Kurzfassung

Die Vorhersage des genauen Zeitpunkts eines Gleitschneelawinenabgangs ist derzeit ein sehr herausforderndes und häufig diskutiertes Thema, sowohl in der Wissenschaft, als auch in der Praxis. Obwohl die Voraussetzung für das Gleiten von Schnee, nämlich eine feuchte Grenzschicht zwischen Schneedecke und Boden, gut bekannt ist, bleibt die zeitliche Abschätzung einer solchen Gleitschneeauslösung, welche zwischen unmittelbar und Wochen nach dem Öffnen eines Gleitschneerisses variieren kann, eine große Herausforderung. Das finale Ziel dieser und von darauf aufbauenden Arbeiten ist es, passende Schätzfunktionen zu entwickeln und Indikatoren zu zeigen, die das Vorhersagen von Gleitschneeabgängen erleichtern und so zum Beispiel von Warndiensten, oder Lawinenkommissionen verwendet werden können. In dieser Arbeit wurden Daten von der Planneralm, einem Skigebiet in der Steiermark, über fünf Winter hinweg ausgewertet und analysiert. Dabei wurden mit Hilfe einer Panoramakamera, welche im 30 Minuten Takt Fotos von Hängen mit hoher Gleitschneeaktivität aufgenommen hat, insgesamt 92 Gleitschneeabgänge detektiert. Auf der Planneralm gibt es außerdem eine Reihe von Wetterstationen und Sensoren innerhalb der Schneedecke. So konnten in weitere Folge die Gleitschneeabgänge mit verschiedenen Wetter- und Schneedeckendaten verknüpft werden und so mit verschiedenen Diagrammen und Boxplots statistische Zusammenhänge erkannt werden. Der Fokus der Analysen lag dabei auf dem Identifizieren von meteorologischen Verhältnissen und Schneedeckeneigenschaften, die zu einer Häufung von Gleitschneeabgängen führen. Die Analysen und Ergebnisse zeigen, dass es übereinstimmend mit vorangegangenen Studien zu diesem Thema, einen signifikanten Zusammenhang zwischen der täglichen maximalen Lufttemperatur und den Gleitschneeabgängen gibt. Ähnliche Zusammenhänge konnten auch für die Schneeoberflächentemperatur und den flüssigen Wasseranteil in der Schneedecke gefunden werden. Außerdem konnte ein deutlicher Tagesgang der Gleitschneeaktivität mit einer maximalen Auslösewahrscheinlichkeit am frühen Nachmittag gezeigt werden. Aus den Ergebnissen kann man erkennen, dass moderat hohe Temperaturen notwendige, aber nicht hinreichende Bedingungen für Gleitschneeabgänge im Beobachtungsfeld darstellen, schließlich sind die meisten Tage, an denen Gleitschneelawinen abgehen zwar überdurchschnittlich warm, dennoch bleiben die meisten warmen Tage im Winter solche, an denen keine Gleitschneelawinen abgehen. Es sind also noch weitere Arbeiten und Erkenntnisse nötig, um dieses komplexe Thema endgültig zu entschlüsseln und so zuverlässige Schätzfunktionen entwickeln zu können.

Abstract

Predicting the timing of the release of glide-snow avalanches is currently one of the trickiest issues for operational avalanche warning services as well as for avalanche research. While the prerequisite for glide-snow avalanches, namely a moist interface between the snow-cover and the ground, is well known, estimating the timing for glide-snow avalanche release, which can range between immediately to weeks after the opening of a glide-crack, remains a challenge. Our final goal is to provide suitable estimators for glide-snow avalanche release to be used by avalanche warning services. In this study we analyzed data from own study site, the Planneralm, a skiing area in Styria, Austria. The Planneralm is well equipped with a variety of stations and sensors, providing meteorological data, snowpack data, as well as optical monitoring of glide cracks and glide-snow avalanche release. Analyzing the pictures of the installed camera, all together 92 glide-snow avalanches could get detected over a period of five winter seasons. The focus of the analysis is to identify meteorological conditions and snowpack properties, triggering the occurrence of glide-crack opening and particularly glide-snow avalanche release. Therefore we tried to link the detected glide-snow avalanches with the measured meteorological- and snowpack data by using visual analyses such as diagrams and univariate analyses such as boxplots. Consistent with previous studies, the results indicate a significant relation between daily maximum air temperature and avalanche release, as well as a distinct diurnal cycle with maximum release probability in the early afternoon. The results indicate that moderately high temperatures are a necessary, but not sufficient condition for glide snow avalanche activity in the study region. However, still most of the warm days are “non-avalanche days” and further work is needed to better understand glide-snow avalanche risk on warm days.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Fragestellung.....	1
1.3 Ziel und Ablauf der Arbeit.....	1
2 Gleitschneelawinen.....	2
2.1 Lawinen allgemein.....	2
2.2 Zu Gleitschneelawinen	3
2.3 Voraussetzungen für Gleitschneelawinen	6
2.4 Kalte- vs. warme Gleitschneelawinen.....	14
2.5 Beispiele für Gleitschneelawinen	16
3 Beobachtungsfeld Planneralm und Daten.....	26
3.1 Die Planneralm	26
3.2 Beobachtungsfeld und Kamera	27
3.3 Wetterdaten	29
3.4 Auswertung der Daten.....	31
4 Analyse der beobachteten Winter	32
4.1 Winter 2009/10	32
4.1.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick	32
4.1.2 Datenanalyse	34
4.1.3 Interpretation	34
4.2 Winter 2010/11	35
4.2.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick	35
4.2.2 Datenanalyse	36
4.2.3 Interpretation	37
4.3 Winter 2015/16	38
4.3.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick	38
4.3.2 Datenanalyse	40
4.3.3 Interpretation	40
4.4 Winter 2016/17	42
4.4.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick	42
4.4.2 Datenanalyse	43
4.4.3 Interpretation	43

4.5	Winter 2017/18	45
4.5.1	Winterverlauf in der Steiermark im Überblick	45
4.5.2	Datenanalyse	47
4.5.3	Interpretation	47
5	Datenauswertung und Ergebnisse	49
5.1	Boxplots.....	49
5.1.1	Mittlere-, maximale- und minimale Lufttemperatur für alle 5 Wintersaisonen.....	49
5.1.2	Mittlere- und maximale Schneeoberflächentemperatur für die Winter 15/16, 16/17, 17/18	51
5.1.3	5-Tages Neuschneesumme für alle 5 Wintersaisonen.....	52
5.1.4	Täglicher Median des flüssigen Wasseranteils (volumetrisch) in der Schneedecke für die Winter 15/16, 16/17, 17/18	53
5.2	Tageszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge	54
5.3	Jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge	55
6	Diskussion und Ausblick	56
7	Zusammenfassung	59
	Literaturverzeichnis	61
	Anhang	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Aufgewölbte Schneedecke unterhalb eines Gleitschneemauls (Bild: Autor).	4
Abbildung 2.2: Öffnungsgeschwindigkeit eines Gleitschneemauls (Mitterer und Schweizer, 2013)	5
Abbildung 2.3: Bräunlich gefärbte, feuchte Basisschicht in der Schneedecke (Mitterer und Schweizer, 2012)	7
Abbildung 2.4: Hangbereich mit erhöhter Gleitschneeaktivität (Bild: Autor)	8
Abbildung 2.5: Umgelegtes Gras als Gleitfläche für Lawinen (Bild: Autor)	9
Abbildung 2.6: Schneegleiten auf glatten Felsen (Bild: LWD Tirol)	10
Abbildung 2.7: Gleitschneeriss auf einer Schipiste (Bild: Ski Austria Academy St. Christoph)	11
Abbildung 2.8: Flache Sturzbahn einer Gleitschneelawine (Bild: Fam. Eberl)	12
Abbildung 2.9: Ablagerung der Gleitschneelawine (Bild: Fam. Eberl)	13
Abbildung 2.10: Zerstörungskraft der Gleitschneelawine (Bild: Fam. Eberl)	13
Abbildung 2.11: Schematischer Unterschied zwischen warmen (links) und kalten Gleitschneelawinen (rechts) (Mitterer und Schweizer, 2013)	14
Abbildung 2.12: Position Gleitschneemaul - rote Linie (Quelle der Karte: Outdooractive)	16
Abbildung 2.13: Gleitschneemaul Leogang - Bild 1 (Bild: Autor)	17
Abbildung 2.14: Gleitschneemaul Leogang - Bild 2 (Bild: Autor)	17
Abbildung 2.15: Gleitschneemaul Leogang - Bild 3 (Bild: Autor)	18
Abbildung 2.16: Gleitschneemaul Leogang - Bild 4 (Bild: Autor)	18
Abbildung 2.17: Gleitschneemaul Leogang - Bild 5 (Bild: Autor)	19
Abbildung 2.18: Wetterdaten zu Beispiel 1 (Quelle: LAWIS)	20
Abbildung 2.19: Position Gleitschneemaul - rote Linie (Quelle der Karte: Outdooractive)	21
Abbildung 2.20: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 1 (Quelle: bergfex.at)	22
Abbildung 2.21: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 2 (Quelle: bergfex.at)	22
Abbildung 2.22: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 3 (Quelle: bergfex.at)	23
Abbildung 2.23: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 4 (Quelle: bergfex.at)	23
Abbildung 2.24: Wetterdaten zu Beispiel 2, Station Galzig (Quelle: LAWIS)	25
Abbildung 3.1: Lage Planneralm (Quelle: Google, 2018)	26
Abbildung 3.2: Das Beobachtungsfeld im Sommer (Bild: Autor)	27
Abbildung 3.3: Standorte der Kameras und der Wetterstationen (Quelle: Snowmaps, 2018)	28
Abbildung 3.4: Lawinenabgang beobachtet durch die Panoramakamera (Bild: ZAMG Steiermark)	28
Abbildung 4.1: Gleitschneeabgang Ende Oktober auf steilen Grashängen auf der Gleinalm (Bild: LWD STMK)	32
Abbildung 4.2: Winterverlauf 2009/10	34

Abbildung 4.3: Abrutschende Schneedecke am 25.03.2011, aufgenommen am Eisenerzer Reichenstein (Bild: Tourenforum, LWD STMK).....	36
Abbildung 4.4: Winterverlauf 2010/11	36
Abbildung 4.5: Das Beobachtungsfeld am 31.03.2016 um 17 Uhr (Bild: ZAMG Steiermark).	39
Abbildung 4.6: Winterverlauf 2015/16	40
Abbildung 4.7: Das Gleitschneeereignis von der Nacht vom 14. auf den 15.03.2016. Linkes Bild: 14.03. um 17:30 Uhr. Rechtes Bild: 15.03. um 07:00 Uhr (Bilder: ZAMG STMK).....	41
Abbildung 4.8: Winterverlauf 2016/17	43
Abbildung 4.9: Mächtige Gleitschneelawine auf der Planneralm (Bild: LWD STMK).....	46
Abbildung 4.10: Hohe Gleitschneeaktivität in den Niederen Tauern (Bild: LWD STMK).....	46
Abbildung 4.11: Winterverlauf 2017/18	47
Abbildung 4.12: Das Beobachtungsfeld am 29.01.2018 um 16 Uhr (Bild: ZAMG STMK)....	48
Abbildung 5.1: Boxplots: Verteilungen der Lufttemperatur.....	50
Abbildung 5.2: Boxplots: Verteilungen der Schneeoberflächentemperatur	51
Abbildung 5.3: Boxplot: Verteilung der 5-Tages Neuschneesumme	52
Abbildung 5.4: Boxplot: Verteilung des vol. Wasseranteils in der Schneedecke	53
Abbildung 5.5: Tageszeitliche Verteilung der Gleitschneeereignisse.....	54
Abbildung 5.6: Jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeereignisse.....	55

1 Einleitung

1.1 Motivation

Gleitschneelawinen sind derzeit eines in der Wissenschaft und Praxis sehr viel diskutiertes und behandeltes Thema. Auch wenn in den letzten Jahren immer mehr Publikationen zu diesem Thema aufgetaucht sind, gelingt es uns immer noch nicht, weder all die komplexen Zusammenhänge der ablaufenden Prozesse zur Gänze zu verstehen, noch ist es uns möglich, den genauen Zeitpunkt der Auslösung einer Gleitschneelawine vorherzusagen. So können Gleitschneelawinen in manchen Wintern zu einem sehr ernst zu nehmenden Problem für Lawinenkommissionen, Lawinenwarndiensten und anderen Verantwortlichen werden. Darum ist es mir ein Anliegen und auch eine Ehre, mit dieser Arbeit hoffentlich einen Beitrag leisten zu können, damit wir diese Lawinenart in Zukunft besser verstehen und vorhersagen können.

1.2 Fragestellung

Nach einer entsprechenden Literaturanalyse, um dieses doch sehr komplexe Thema besser verstehen zu können und den aktuellen Stand der Wissenschaft aufzuzeigen, soll das primäre Ziel dieser Arbeit darin bestehen, Korrelationen zwischen dem Auftreten von Gleitschneelawinen und meteorologischen-, sowie Schneedeckenparametern zu finden. Die Frage lautet also: welche Wetterbedingungen / -Situationen führen zu einer erhöhten Gleitschneeaktivität? Das finale Ziel dieser und nachfolgender Arbeiten ist schließlich zuverlässige meteorologische Schätzfunktionen für Lawinenwarnverantwortliche zu entwickeln.

1.3 Ziel und Ablauf der Arbeit

Zunächst möchte ich mit einer umfassenden Literaturrecherche, einerseits die wichtigsten Grundlagen für Gleitschneelawinen beschreiben und andererseits den aktuellen Stand der Wissenschaft zu diesem Thema aufzeigen, um dann in weiterer Folge speziell auf einzelne, aktuelle Publikationen einzugehen.

Mit einigen von mir und auch von anderen beobachteten Praxisbeispielen möchte ich anschließenden verschiedene Aspekte dieses umfassenden Themas aufzeigen und so auch zu einem besseren Verständnis der diversen Sachverhalte beitragen.

Das Herzstück dieser Arbeit soll die Auswertung von Daten unseres eigenen Beobachtungsfeldes auf der Planneralp, einem Skigebiet in der Steiermark, darstellen. Die Daten bestehen aus Bildern einer dort installierten Panoramakamera, welche im 30 Minuten Takt Fotos von Hängen mit hoher Gleitschneeaktivität aufgenommen hat. Diese Bilder sollen über fünf Wintersaisons hinweg nach Gleitschneeereignissen durchsucht werden. Die detektieren Gleitschneeabgänge sollen anschließend mit Stationsdaten umliegender Wetterstationen verknüpft werden und es sollen so mit einer Datenauswertung Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Gleitschneelawinen und meteorologischen-, sowie Schneedeckenparametern, mit verschiedenen grafischen und statistischen Methoden, dargestellt werden. Weiters möchte ich Wettersituationen vor Phasen mit erhöhter Gleitschneeaktivität genauer betrachten und beschreiben.

2 Gleitschneelawinen

2.1 Lawinen allgemein

Zunächst möchte ich einen Überblick über die vorherrschenden Lawinenarten geben, um folglich die vorliegenden Gleitschneelawinen besser einordnen zu können. Dies ist mir besonders wichtig, da meiner Meinung nach, umgangssprachlich die verschiedenen Lawinenarten oftmals ein wenig durcheinander gebracht werden. So werden meiner Erfahrung nach zum Beispiel die Begriffe Gleitschneelawine, Nassschneelawine und auch Lockerschneelawine bei Gesprächen zwischen Personen, die nicht zu 100 Prozent mit der Materie vertraut sind, gerne einmal missverständlich verwendet bzw. vertauscht.

Im Bezug auf den Auslösemechanismus gibt es grundsätzlich drei verschiedenen Lawinenarten:

• Schneebrettlawinen

Dies ist die gefährlichste Lawinenart für Wintersportler. Sie entstehen durch einen Bruch in einer Schwachschicht (Initialbruch). Wenn die Schwachschicht durch eine geeignete, gebundene Schneeschicht überlagert wird, kann sich der Bruch innerhalb der Schwachschicht ausbreiten und sich so eine ganze Schneetafel lösen. Wenn der Hang genügend steil ist, gleitet sie als Schneebrettlawine ab. Dementsprechend sind folgende Bedingungen für das Abgehen einer Schneebrettlawinen nötig:

- Ungünstige Schichtung, bestehend aus einer gebundenen Schicht über einer Schwachschicht.
- Zusatzlast (Auslöser -> Bruchinitiierung).
- Genügend flächige Verbreitung der ungünstigen Schichtung -> Bruchausbreitung.
- Genügend steiler Hang.

(SLF, 2016)

• Lockerschneelawinen

Laut der Definition des SLF (Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, Schweiz) breiten sich Lockerschneelawinen vom Auslösepunkt nach unten aus, indem der abrutschende Schnee immer mehr Schnee mitreißt. Lockerschneelawinen gehen oft während, oder kurz nach einem Schneefall, oder bei starker Erwärmung ab. Bei trockenem (Pulver)Schnee ist im Auslösepunkt meistens eine Neigung von 40° erforderlich. Vor allem bei nassem Schnee können sie, in anhaltend steilem Gelände, beachtliche Größen erreichen.

Lockerschneelawinen lösen sich oft spontan. Sie fordern weniger als 10% der Lawinenopfer und diese oft im Sommer, wenn Bergsteiger im steilen Gelände mitgerissen werden und abstürzen. Löst ein Schneesportler eine Lockerschneelawine aus, so wird er normalerweise nicht verschüttet, weil sie unter ihm abgeht und weil die Schneemassen meist gering sind.

- **Gleitschneelawinen**

Laut SLF haben Gleitschneelawinen wie Schneebleter, einen breiten, linienförmigen Anriss, doch rutscht hier die gesamte Schneedecke auf der Grenzschicht zwischen Schneedecke und Boden ab. Das ist vor allem auf glattem Untergrund wie umgelegtem Gras oder Felsplatten möglich. Je steiler der Hang, desto eher gleitet der Schnee ab.

2.2 Zu Gleitschneelawinen

In diesem Kapitel möchte ich zunächst einige generelle, theoretische Grundlagen zu diesem Thema aufzeigen und danach versuchen, einen gut strukturierten Überblick über den derzeitigen Stand der Wissenschaft und über die wichtigsten Publikationen zu Gleitschneelawinen zu geben.

Wenn man Gleitschneelawine hört, denken die meisten wohl als erstes an ein weit auf gespreitztes, finsternes und böse schauendes Fischmaul in der Schneedecke. Diese sogenannten Gleitrisse in der Schneedecke entstehen durch hohe und vor allem unterschiedliche Gleitgeschwindigkeiten in der Falllinie eines Hanges (Hopf, 2000). Folglich wird die Schneedecke solange gedehnt bzw. gestaucht, bis die Zug- oder Druckfestigkeit überschritten wird und es schließlich zum Zug- bzw. Druckbruch kommt und die Schneedecke bis zum Boden hin auf reißt (in der Gand, 1954). Die dabei entstehenden Flanken des Anrisses stehen normal zur Bodenoberfläche und der Verlauf der Risse folgt entweder den Höhenschichtlinien des Hanges oder sie prägen sich sichelförmig mit hängenden Enden (trauriges Gesicht) aus (Lackinger, 1990, 1988). Solche unterschiedlichen Gleitgeschwindigkeiten können zum Beispiel durch unterschiedliche Bodenreibungen (unterschiedlicher Bewuchs oder Oberfläche), unterschiedliche Hangneigungen, oder durch Gewichtsunterschiede in der Schneedecke entstehen. Weiters können solche Risse auch an konvexen Geländeübergängen entstehen, da sich hier durch die Geländeform eine entsprechende Zugbeanspruchung in der Schneedecke ergibt (in der Gand, 1954; in der Gand und Zupančič, 1966; McClung und Schaerer, 2006).

Das Öffnen eines solchen Fischmaules bedeutet aber nicht automatisch das Auslösen einer Lawine, so können sich Gleitschneelawinen entweder unmittelbar mit dem Entstehen von Gleitrisse lösen, oder Stunden bis Tage, oder sogar Wochen später, wenn sich die Gleitspalten verbreitert und verlängert haben. Beziehungsweise kommt es auch vor, dass sich ein Fischmaul zwar öffnet, das Abgehen einer Lawine aber komplett ausbleibt (in der Gand und Zupančič, 1966; Lackinger, 1990, 1988). In der Regel rutscht bei einer Gleitschneelawine der untere Teil des Fischmaules weg, allerdings haben Mitterer und Schweizer (2013) mit Zeitrafferaufnahmen gezeigt, dass Fischmäuler auch den Hang oberhalb beeinflussen können und somit auch diese Zone gefährlich werden kann.

Auch Lackinger (1990, 1988) hat aufgezeigt, dass es bei Gleitschneelawinen zu zwei verschiedenen Arten von Bruchabläufen kommen kann:

- An der späteren Anrissstirn der Lawine entstehen zunächst Gleitrisse und im Druckbereich kommt es zu Aufschiebungen und Falten (nicht immer). Durch einen Scherbruch in der Gleitfläche kommt es schließlich zum Lawinenabbruch. In diesem Fall ist ein Stauchwall als Folge des Druckbruches vorhanden.

- Gleitrinne öffnen sich an der unteren Begrenzung der späteren Lawine. An der späteren Anrissstirn der Lawine entstehen Gleitrinne (nicht immer). Der Scherbruch in der Gleitfläche, welcher zum Lawinenabgang führt, tritt oberhalb der erstgenannten Risse ein. Ein Stauchwall ist in diesem Fall nicht, oder nur schwach ausgeprägt vorhanden.

Mitterer und Schweizer (2013) beschreiben, dass Gleitschneelawinen entweder entstehen, wenn die Bewegung der Schneetafel weiter zunimmt (das Fischmaul wird also schnell größer), so dass der stützende Fuß stärker belastet wird, oder die Festigkeit des stützenden Fußes durch Veränderungen der Schneeeigenschaften (z.B. Durchfeuchtung) abnimmt. Auch in der Gand und Zupancic (1966) haben zwei Komponenten genannt, die bei der Mechanik von Gleitschneelawinen eine entscheidende Rolle spielen: zum einen die Druckfestigkeit des Stauchwalls und zum anderen die Reibungseigenschaften des Bodens.

Am nachfolgenden Bild (Abb. 2.1) kann man sehr gut erkennen, wie sich die Schneedecke unterhalb des Gleitschneemaules aufwölbt. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Schneedecke vom Stauchwall (zumindest noch) gestützt wird.



Abbildung 2.1: Aufgewölbte Schneedecke unterhalb eines Gleitschneemaules (Bild: Autor).

Bezüglich des saisonalen Auftretens von Gleitschneelawinen haben Clarke und McClung (1999), Höller (2001) und McClung et al. (1994) beobachtet, dass vor allem im Frühwinter und im Frühling erhöhte Gleitschneeaktivität auftritt. Dies passt auch mit den weiter unten genannten Prozessen zusammen, die zu der nötigen feuchten Grenzschicht zwischen Schnee und Boden führen.

Bei der tageszeitlichen Variation von Gleitraten sind sich verschiedene Studien weniger einig. Laut Lackinger (1987) werden Lawinen meist am Abend oder in der Nacht beobachtet, wohingegen McClung et al. (1994) in einem Jahr erhöhte Lawinenaktivität während des Tages feststellten, wobei sie im nächsten Jahr keine klaren Variationen in der Tageszeit feststellen konnten. Feick et al. (2012) wiederum konnten bei der Analyse zweier großer Gleitschneehänge feststellen, dass es klare Tendenzen zu erhöhter Gleit- und Lawinenaktivität zur Mittags- und Nachmittagszeit gibt.

Einer der wenigen Indikatoren der darauf hindeutet, dass ein Gletschneemaul bald abgehen wird, ist die Geschwindigkeit, mit der sich das Maul öffnet (Abb. 2.2). Öffnet sich das Fischmaul gleichmäßig, also ohne große Beschleunigung, dann ist der Abgang eher unwahrscheinlich (grauer Bereich in der nachfolgenden Grafik). Beschleunigt sich die Öffnungsgeschwindigkeit des Mauls und wird es zunehmend weiter bzw. breiter, so wird ein Abgang immer wahrscheinlicher (gelber und roter Bereich in der Grafik). Der genaue Zeitpunkt für den Lawinenabgang (strichlierte, vertikale Linie), kann aber dennoch nur erahnt werden (Mitterer und Schweizer, 2013).

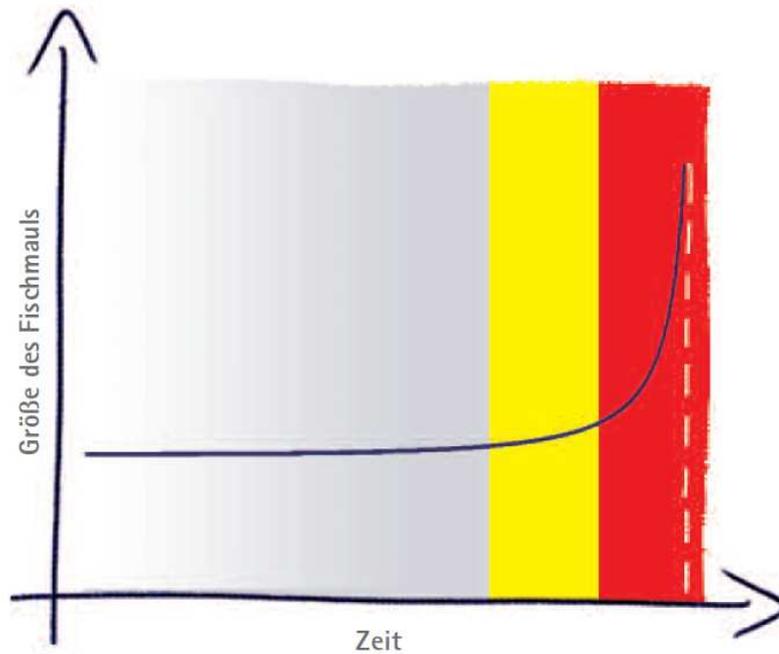


Abbildung 2.2: Öffnungsgeschwindigkeit eines Gletschneemaules (Mitterer und Schweizer, 2013)

2.3 Voraussetzungen für Gleitschneelawinen

Generell nannten in der Gand und Zupančič (1966) vier Punkte als Voraussetzung für das Schneegleiten, welche heute immer noch Gültigkeit haben:

- Eine Schneetemperatur von 0°C an der Grenzschicht zwischen Schneedecke und Boden, wodurch das Vorhandensein von flüssigem Wasser ermöglicht wird.
- Ein glatter Untergrund (z.B. umgelegtes Gras oder Felsplatten).
- Eine Hangneigung größer als 15°.
- Eine dicke Schneedecke ohne einer markanten Schwachschicht.

Vielen Studien (Clarke und McClung, 1999; in der Gand und Zupančič, 1966; McClung und Clarke, 1987) zufolge, geht Gleitschneeaktivität immer mit dem Vorhandensein von flüssigem Wasser in der Schneedecke einher. So vermindert Wasser zum einen die Reibung an der Grenzschicht zwischen Schneedecke und Boden (McClung und Clarke, 1987), außerdem hat der Wassergehalt neben der Schneetemperatur Einfluss auf die Viskosität der Schneedecke, welche wiederum mit den Gleiteigenschaften zusammenhängt.

Diese, für Gleitschneelawinen so entscheidende, nasse Grenzschicht zwischen Boden und Schneedecke kann laut (McClung und Clarke, 1987) durch mindestens drei verschiedene Prozesse entstehen:

- Schmelzwasser oder Regen durchdringen die komplette Schneedecke (Isothermie herrscht vor).
- Im Boden gespeicherte Wärme wird nach dem ersten großen Schneefall an die Schneedecke abgegeben und schmilzt die unterste Schicht. Dabei wird das Schmelzwasser in der untersten Schicht gehalten.
- Schnee kann in der Nähe von dunklen Felsen geschmolzen werden und dann in die Schneedecke fließen, oder es tritt Bodenwasser bzw. Hangwasser auf.

Außerdem wird in aktuellen Studien ein vierter entscheidender Prozess genannt, der zur Bildung einer nassen Grenzschicht beitragen kann. So schreiben Mitterer und Schweizer (2012), dass Wasser durch kapillare Kräfte vom Boden aufsteigen kann und so in die untersten Zentimeter der Schneedecke gesogen wird. Mitterer und Schweizer (2012) haben mit einer einfachen Simulation gezeigt, dass wenn eine trockene Schneedecke über einem feuchten, porösem Medium (also dem Boden) liegt, ein hoher hydraulischer Druck entsteht, der das Bodenwasser in die Schneedecke wandern lässt. Eine häufig in Schneeprofilen anzutreffende, bräunliche, feuchte Basisschicht deutet auf dieses aus dem Boden stammende Wasser hin (Abb. 2.3).

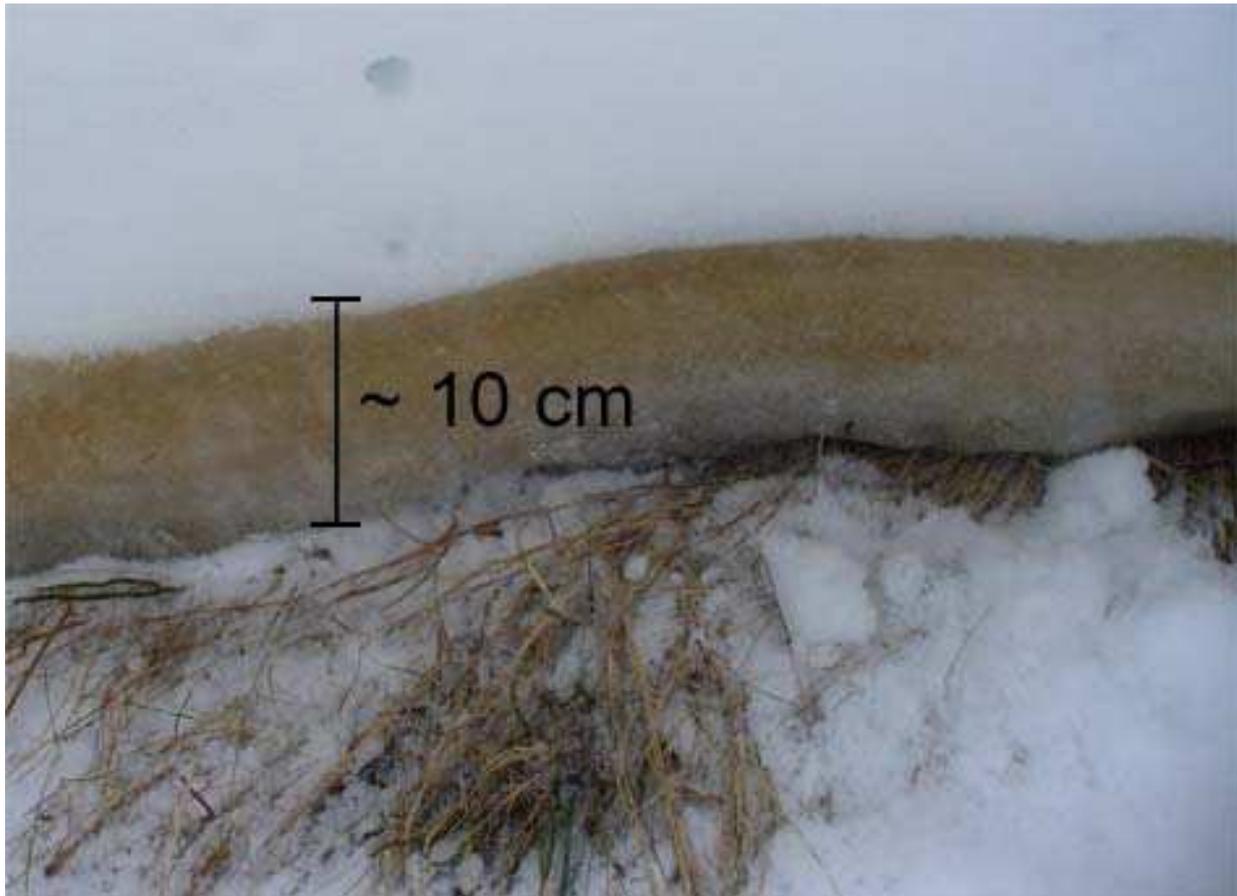


Abbildung 2.3: Bräunlich gefärbte, feuchte Basisschicht in der Schneedecke (Mitterer und Schweizer, 2012)

Des Weiteren ist natürlich auch die Topografie bei der Entstehung von Gleitschneelawinen ein entscheidender Faktor. So wurde beobachtet, dass Gleitschneelawinen immer wieder an den selben Orten mit fast identischen Begrenzungen auftreten (in der Gand und Zupaničič, 1966; Lackinger, 1990, 1988). Peitzsch et al. (2015) haben als wichtigste Geländeparameter für Gleitschneeaktivität folgende vier Faktoren genannt:

- Gleitfaktor (Bodenklassenindex bzw. Oberflächenrauigkeit)
- Hangausrichtung
- maximale Hangneigung
- Saisonsumme der Solarstrahlung

Sie haben außerdem beobachtet, dass die Hangneigung nicht zu steil sein darf und dass Gleitschneelawinen bevorzugt auf gleichmäßigen Hängen, mit eher geringer Konvexität auftreten. In der Gand und Zupaničič (1966) geben als bevorzugte Neigung für Gleitschneelawinen 34° an. Als bevorzugte Exposition nennen sie Hänge mit einer Ausrichtung von Südost bis Südwest.

Auf dem folgenden Bild (Abb. 2.4) kann man durch die beiden schräg stehenden Holzpflocke sehr gut erkennen, dass es in diesem Bereich des Hanges im Winter zu erhöhtem Schneegleiten gekommen sein muss. Dies hängt meiner Vermutung nach damit zusammen, dass es in diesem Hangbereich geringfügig steiler ist und hier die Bodenfeuchte auf Grund von austretendem Hangwasser auch höher ist als im umliegenden Bereich.



Abbildung 2.4: Hangbereich mit erhöhter Gleitschneeaktivität (Bild: Autor)

Newesely et al. (2000) haben beobachtet, dass auf nicht beweideten Flächen mit dementsprechend langem Gras eine höhere Gleitschneeaktivität herrscht, als an Hängen mit kurzem Gras. Am folgenden Bild (Abb.2.5) kann man sehr gut erkennen, wie sich langes Gras unter der Schneedecke nach unten hin umlegt und so eine sehr glatte Gleitfläche entsteht.



Abbildung 2.5: Umgelegtes Gras als Gleitfläche für Lawinen (Bild: Autor).

Im Gegensatz dazu sieht man auf dem nächsten Bild (Abb. 2.6) hohe Gleitschneeaktivität auf glattem, felsigen Untergrund. Bei freiliegenden Felsen kann es, wie vorher schon erwähnt eben auch vorkommen, dass sich diese durch die Sonneneinstrahlung stark erwärmen und es so verstärkt zur Schmelzwasserbildung kommt.



Abbildung 2.6: Schneegleiten auf glatten Felsen (Bild: LWD Tirol).

Auch an Hängen, wo man vermeintlich keine Gleitschneemäuler vermuten würde, treten manchmal sehr wohl welche auf. So hat sich im letzten Winter, am 03.03.2018, mitten auf einer Schipiste am Arlberg, der am nachfolgenden Foto (Abb. 2.7) gezeigte Gleitschneeriss geöffnet. Das Ganze ist auf der sogenannten Kandahar Piste passiert, welche täglich präpariert wird und somit eine extrem komprimierte und kompakte Schneedecke besitzt. Dennoch konnte sich an der Grenzschicht zum Boden wohl eine feuchte Schicht bilden und die hangabwärtstreibenden Kräfte waren offensichtlich groß genug, um die Schneedecke aufzureißen. Die Steilheit im Bereich des Gleitschneerisses beträgt ca. 35°(geschätzt).



Abbildung 2.7: Gleitschneeriss auf einer Schipiste (Bild: Ski Austria Academy St. Christoph)

Mit dem folgenden Beispiel möchte ich aufzeigen, dass es tatsächlich auch auf eher flachen Hängen zu Gletschneelawinen kommen kann. Die folgenden Bilder zeigen ein Gletschneeeignis aus dem Jahr 1992 auf einem südlich exponierten Hang in Leogang, Salzburg. Dabei besitzt die gesamte, etwa 250 Meter lange Sturzbahn (Bild 2.8) eine Hangneigung von nur 15 bis 18°. Nur ganz oben im Anrissbereich befindet sich eine wenige Meter lange Böschung, die eine Steilheit von etwa 35° aufweist. Der Abgang ereignete sich um den 20. Dezember. Dem Ereignis gingen starke Regenfälle voraus, welche einen oberhalb des Anrisses befindlichen, kleinen Graben zum überlaufen brachten und es dadurch zu einer Unterspülung der gesamten Schneedecke gekommen sein dürfte. Der daraus resultierende Reibungsverlust zwischen Boden und Schneedecke hat schließlich zu einem Abgleiten des Schnees auf der Grasnarbe geführt. Bild 2.9 zeigt die Ablagerung der Lawine, bei der ein Bauernhaus getroffen wurde. Bild 2.10 zeigt die Zerstörungskraft und den Druck, die eine solche Gletschneelawine aufbringen kann. Die Autos waren vor dem Bauernhaus geparkt und wurden gegen die Mauern des Hauses gedrückt.



Abbildung 2.8: Flache Sturzbahn einer Gletschneelawine (Bild: Fam. Eberl)



Abbildung 2.9: Ablagerung der Gleitschneelawine (Bild: Fam. Eberl)



Abbildung 2.10: Zerstörungskraft der Gleitschneelawine (Bild: Fam. Eberl)

2.4 Kalte- vs. warme Gleitschneelawinen

Für die oben genannten Schmelzprozesse an der Schneeoberfläche bzw. für einen entsprechenden Regeneintrag ist es klar, dass es dafür entsprechende Temperaturen über dem Gefrierpunkt bzw. genügend Strahlungseintrag der Sonne benötigt. Hierbei ist von sogenannten warmen Gleitschneelawinen die Rede. Die gesamte Schneedecke ist hierbei isotherm (also die Temperatur beträgt über die gesamte Tiefe 0°C). Das an der Schneeoberfläche produzierte Schmelzwasser oder Regen sickert durch die komplette Schneedecke. Dieses Wasser staut sich am Übergang zum Boden (weil der Boden eine geringere Durchlässigkeit besitzt als der Schnee) und verringert somit die Reibung. Diese Situation ist typisch im Frühling, bei Warmwettereinbrüchen oder nach Regen (Mitterer und Schweizer, 2013).

Auf der anderen Seite gibt es aber auch Gleitschneeeignisse die mitten in der Nacht oder während Kälteperioden stattfinden, sogenannte kalte Gleitschneelawinen. Bei solchen Ereignissen bildet sich die feuchte Grenzschicht entweder durch den noch warmen Boden, der von den ersten Schneefällen der Saison zugedeckt wird, oder es geschieht ein kapillarer Aufstieg des Wassers aus dem Boden in die untersten Schneeschichten. Die übrigen Schneeschichten sind kalt und haben Temperaturen die markant unter 0°C liegen. Diese Situation kommt typischerweise im Frühwinter (und Hochwinter) vor (Mitterer und Schweizer, 2013).

Bei den warmen Gleitschneelawinen handelt es sich also meist um Feuchte bildende Prozesse an der Grenzschicht zwischen Schnee und Atmosphäre, wohingegen bei kalten Gleitschneelawinen diese Prozesse sich meist an der Schnee - Boden - Grenzschicht abspielen.

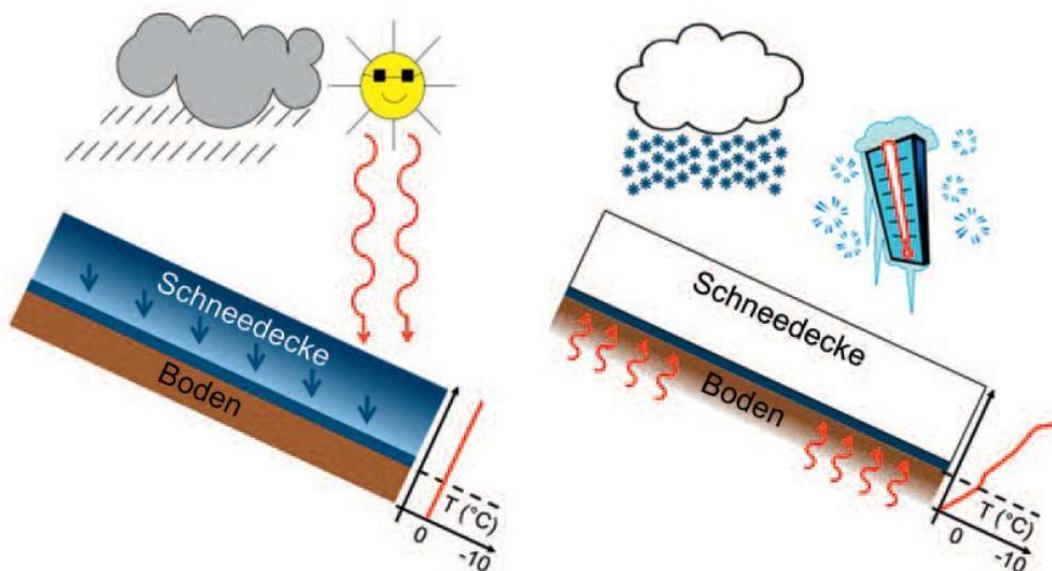


Abbildung 2.11: Schematischer Unterschied zwischen warmen (links) und kalten Gleitschneelawinen (rechts) (Mitterer und Schweizer, 2013).

Dreier et al. (2016) haben versucht, meteorologische Indikatoren für Gleitschneelawinen zu finden und haben dabei festgestellt, dass es entscheidend ist, warme und kalte Gleitvorgänge getrennt zu betrachten, da die beiden Prozesse zwei komplett verschiedenen Regimen folgen und somit verschiedene meteorologische Faktoren zu deren auftreten beitragen. Für die sogenannten 'cold temperature events' waren die minimale Lufttemperatur und der Neuschneezuwachs vor der Lawinenauslösung die signifikantesten meteorologischen Variablen, wohingegen für die 'warm temperature events' die Luft- und Schneeoberflächentemperatur, ausgehend von der ausgestrahlten langwelligen Strahlung und die Setzung der Schneedecke die signifikantesten Variablen darstellten (Dreier et al., 2016).

Höhere Luft- und Schneetemperaturen werden laut Dreier et al. (2016) mit erhöhter Gleitschneeaktivität in Verbindung gebracht, wohingegen an Tagen mit sehr niedrigen Temperaturen und keinem Schneefall nur eine sehr geringe Gleitschneeaktivität beobachtet wurde.

Erwähnt sei auch der Ansatz von Lackinger (1990, 1988), der folgende drei Ursachen für Lawinenabgänge am Abend, in der Nacht, oder an kalten Tagen nach vorangegangener Wärmeperiode, also nach dem Höhepunkt der Schmelzwasserproduktion, nennt:

- Zum einen können Gefriervorgänge an der Schneeoberfläche und an den Flanken der Gleitrisse durch thermische Längenänderung den Spannungszustand in der Schneedecke ändern und so die Festigkeiten überschritten werden. McClung und Schaerer (2006) nennen diese Möglichkeit ebenfalls, halten sie aber eher für einen Ausnahmefall der Gleitschneelawinenauslösung.
- Des Weiteren wäre es möglich, dass sich das von oben abfließende Schmelzwasser an den am Boden angefrorenen Rissflanken staut und so eine dickere Gleitschicht erzeugt wird. Wenn die Dicke der Gleitschicht zunimmt, nimmt die Reibung und damit die Scherfestigkeit ab. McClung (1980) beschreibt ebenfalls einen Wasserstau zwischen Schnee und Boden als möglichen Auslösemechanismus für Gleitschneelawinen.
- Die dritte Möglichkeit besteht darin, dass der Reibungswiderstand zwischen Schnee und Boden durch das Abkühlen des Nassschnees stark abnimmt. Dadurch kommt es ebenfalls zur einer Verringerung der Scherfestigkeit, allerdings im Gegensatz zur zweiten Anrissursache, über die Verringerung der Trockenreibung.

In jüngeren Studien werden diese Ursachen für Gleitschneelawinen allerdings nicht mehr erwähnt.

2.5 Beispiele für Gleitschneelawinen

Mit den folgenden beiden, von mir beobachteten Beispielen, möchte ich noch einmal auf die stark variierenden Zeitspannen vom Öffnen bis zum Abgehen von Gleitschneemäulern eingehen. Dies kann, wie vorher schon angesprochen, von Minuten bis zu Wochen variieren und macht darum auch die Vorhersage von Auslösungen so schwierig.

Beispiel 1:

Ort: Leogang (Salzburg), Bereich Pründelkopf

Höhenlage: 1840m

Exposition: Ost-Nord-Ost

Untergrund: Almwiesenboden mit teils niedriger, krautiger und verholzter Vegetation.

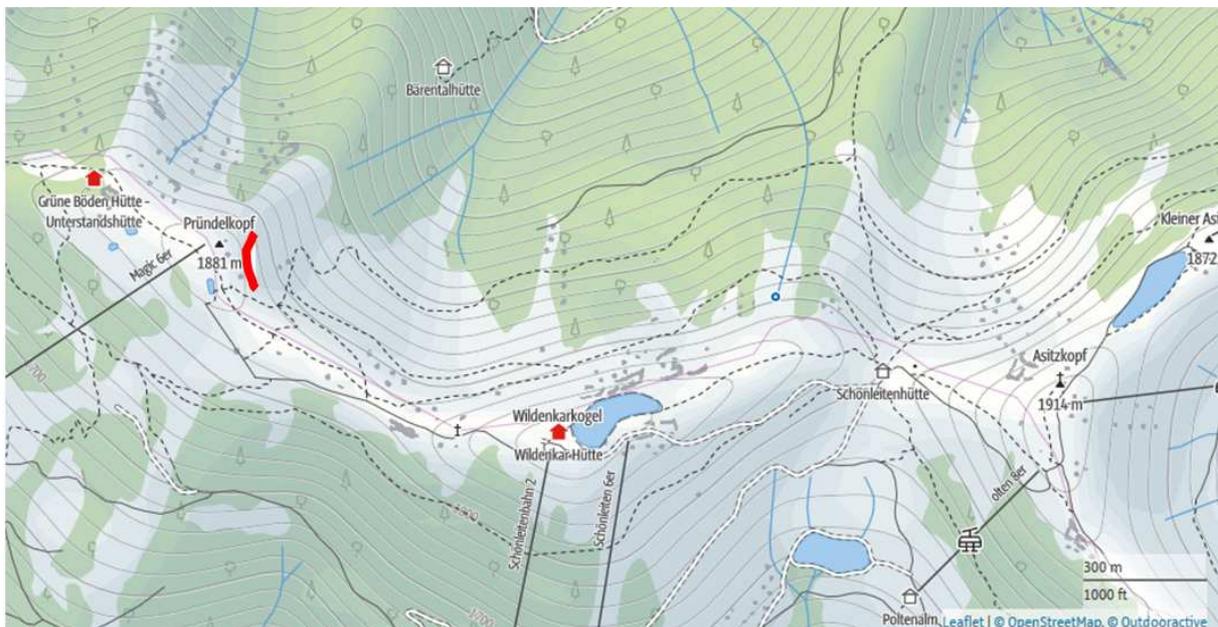


Abbildung 2.12: Position Gleitschneemaule - rote Linie (Quelle der Karte: Outdooractive)

Das vorliegende Beispiel liegt in einer großen Geländekammer, in der es fast jährlich zur Bildung eines Gleitschneemaules kommt. Im Winter 2017/18 öffnete sich das Maul Mitte Jänner. Die Öffnungsgeschwindigkeit war zunächst eher zögerlich, erst ca. Mitte Mai kam es dann zu einer leichten Beschleunigung der Öffnungsgeschwindigkeit, welche sich aber wieder einstellte und zu keinem Abgang führte. Trotz wechselnder Witterungsbedingungen (Abb. 2.18) kam es also über drei Monate zu keinem Abgang des Gleitschneemaules. Erst Ende April (genauer Zeitpunkt ist nicht bekannt), als die Temperaturen dann markant anstiegen (siehe Wetterdaten), kam es zum Lawinenabgang. Die folgenden Bilder (Abb. 2.13 bis 2.17) zeigen (von teils unterschiedlichen Perspektiven) die Entwicklung dieses Gleitschneemaules. Die angegebenen Öffnungsweiten wurden geschätzt.

Aufnahmedatum: 19.02.2018, maximale Öffnung: ca. 3m



Abbildung 2.13: Gleitschneemaule Leogang - Bild 1 (Bild: Autor)

Aufnahmedatum: 05.03.2018 (anderer Blickwinkel), maximale Öffnung: ca. 4.5m



Abbildung 2.14: Gleitschneemaule Leogang - Bild 2 (Bild: Autor)

Aufnahmedatum: 25.03.2018, maximale Öffnung: ca. 7m



Abbildung 2.15: Gleitschneemaule Leogang - Bild 3 (Bild: Autor)

Aufnahmedatum: 06.04.2018, maximale Öffnung: ca. 7m

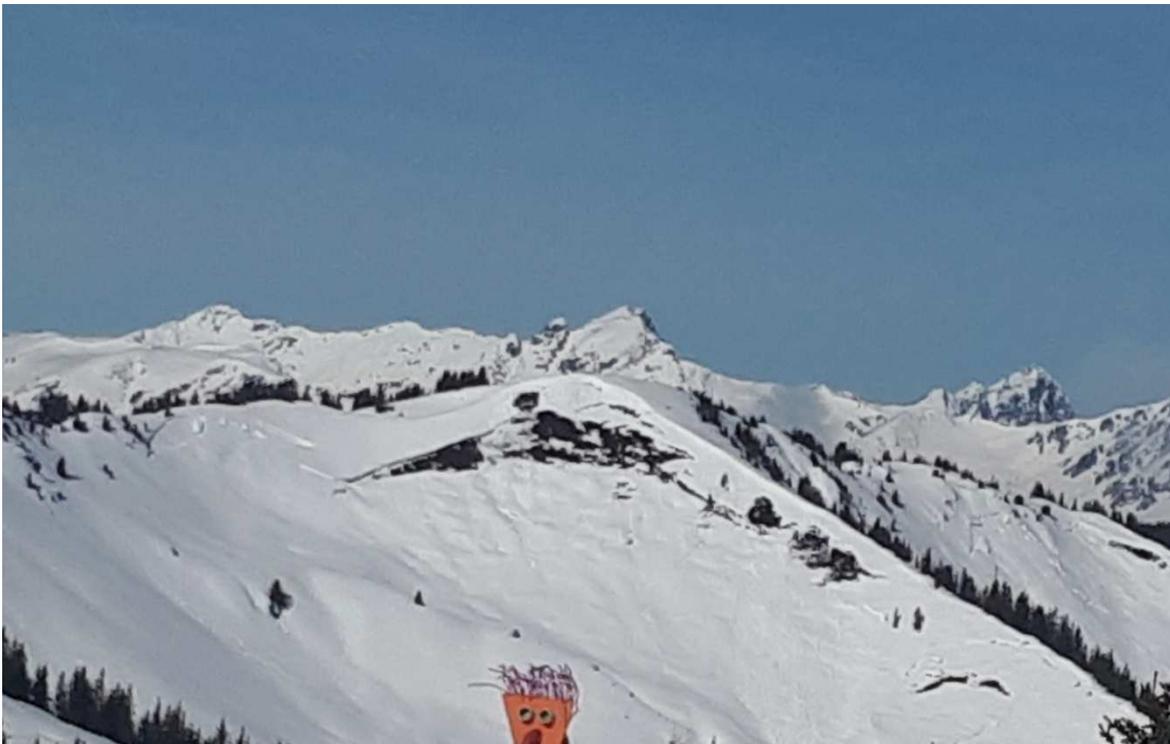


Abbildung 2.16: Gleitschneemaule Leogang - Bild 4 (Bild: Autor)

Aufnahmedatum: 30.04.2018 (anderer Blickwinkel), Lawine abgegangen (Anm.:
Aufnahmedatum des Fotos entspricht nicht genau dem Abgangsdatum der Lawine)

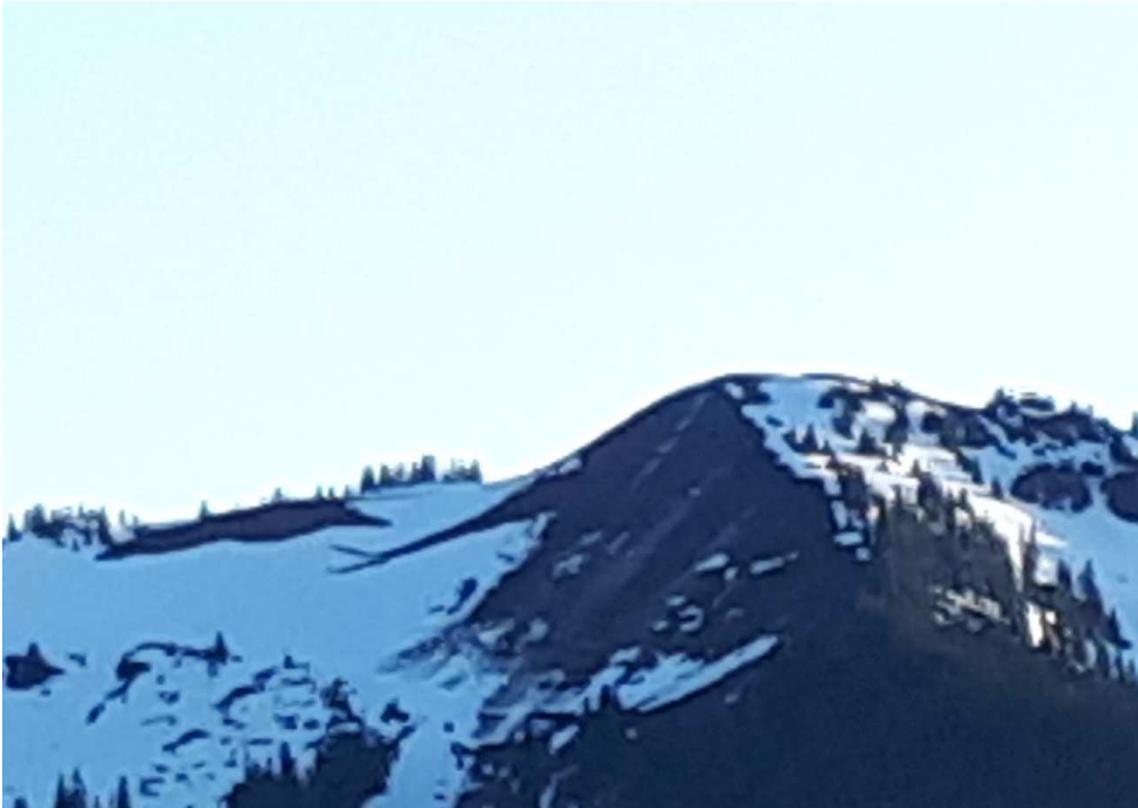


Abbildung 2.17: Gleitschneemaul Leogang - Bild 5 (Bild: Autor)

Mit den nachfolgenden Diagrammen (Abb. 2.18) möchte ich noch die zugehörigen Wetterdaten zu den oben gezeigten Beispiel, für den Winter 2017/18, aufzeigen. Die gewählten Wetterstationen (Hochhörndl bzw. Reckmoos in Fieberbrunn) sind ca. 12 km Luftlinie von dem oben beschriebenen Gleitschneemaul entfernt und befinden sich in etwa auf der selben Seehöhe. Die Station Hochhörndl besitzt die Exposition Süd-Ost, die Station Reckmoos befindet sich knapp unterhalb des Gipfelkamms und hat ebenfalls die Exposition Süd-Ost.

Hochhörndl, 1769m (LWD Tirol) — Reckmoos, 1880m (LWD Tirol) 2018 03:38

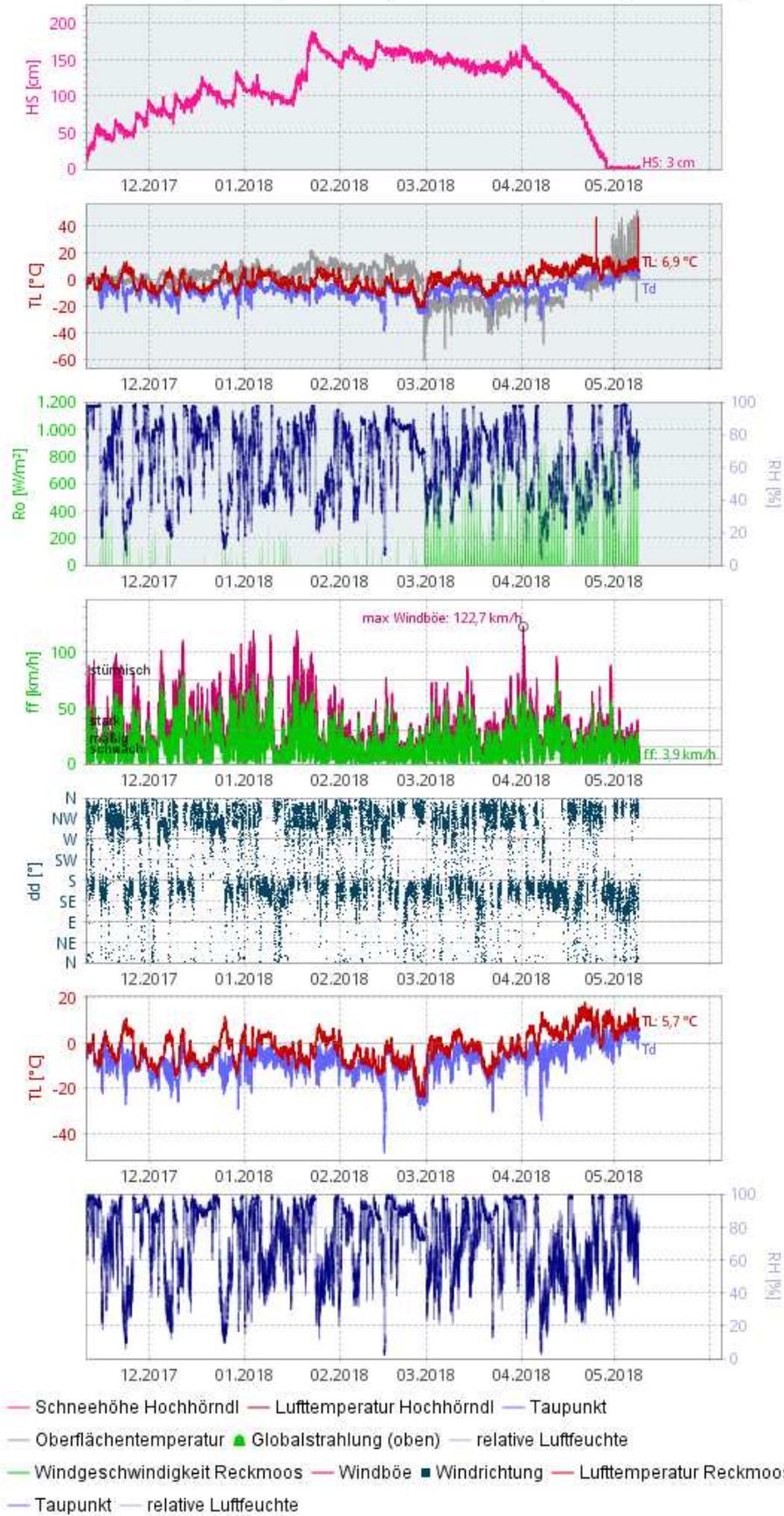


Abbildung 2.18: Wetterdaten zu Beispiel 1 (Quelle: LAWIS)

Beispiel 2:

Ort: St. Anton am Arlberg (Tirol), Bereich Steißbachtal

Höhenlage: 1760m

Exposition: Ost-Nord-Ost

Untergrund: Grasig - felsiger Boden mit Sträuchern bewachsen

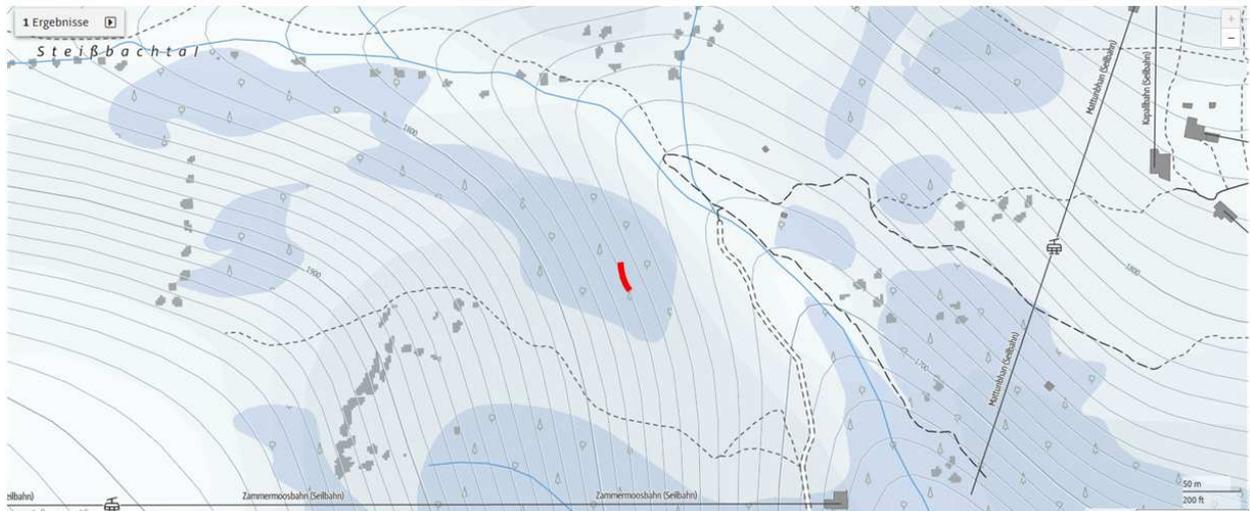


Abbildung 2.19: Position Gleitschneemaule - rote Linie (Quelle der Karte: Outdooractive)

Das hier beschriebene Gleitschneereignis stellt im Bezug auf die Zeit zwischen der Öffnung und dem Abgang des Fischmauls, das gegenteilige Extrem im Vergleich zum vorher gezeigten Beispiel dar. Am 12.04. (ein Tag vor dem Lawinenabgang) war noch kein Gleitschneeriss an der späteren Anrissstelle erkennbar. Am 13.04 konnte man um 08:55 Uhr schon ansatzweise einen kleinen Riss am Panoramafoto erkennen. Ca. 2 Stunden später, um 10:49 Uhr, war der Gleitschneeriss dann schon deutlich erkennbar, die Öffnungsweite betrug aber nur etwa 30 cm. Beim nächsten Panoramafoto, um 11:59 Uhr war dann die Lawine bereits abgegangen. Zwischen Rissöffnung und Lawinenabgang sind hier also nur wenige Stunden vergangen. Die Anrisshöhe betrug ca. 2m und die Anrissbreite ca. 35m.

Aufnahmedatum: 12.04.2018, 11:58 Uhr, kein Riss erkennbar.



Abbildung 2.20: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 1 (Quelle: bergfex.at)

Aufnahmedatum: 13.04.2018, 08:55 Uhr, Riss ansatzweise erkennbar.



Abbildung 2.21: Gleitschneemaul Arlberg - Bild 2 (Quelle: bergfex.at)

Aufnahmedatum: 13.04.2018, 10:49 Uhr, Riss erkennbar, Öffnungsweite ca. 30cm.



Abbildung 2.22: Gleitschneemaule Arlberg - Bild 3 (Quelle: bergfex.at)

Aufnahmedatum: 13.04.2018, 11:59 Uhr, Lawine abgegangen.



Abbildung 2.23: Gleitschneemaule Arlberg - Bild 4 (Quelle: bergfex.at)

Die nachfolgenden Diagramme zeigen wieder die zugehörigen Wetterdaten zu dem vorher gezeigten Beispiel. Die Wetterstation Galzig ist nur etwa 500m vom gezeigten Lawinenereignis entfernt, liegt allerdings gut 300hm höher und besitzt die Exposition Ost-Süd-Ost. Die vorliegenden Stationsdaten lassen erkennen, dass vor dem Ereignistag (13.04. - orange Markierung) die Temperaturen rund 2 Tage lang relativ konstant bei ca. +3°C lagen und es auch in der Nacht zu keiner Abkühlung kam. Die Nächte waren an diesen Tagen bewölkt, die Ausstrahlung somit gering und so konnte sich eine isotherme Schneedecke und damit auch Schmelzwasser für eine feuchte Schnee-Boden-Grenzschicht bilden. Auffallend ist, dass es in der Nacht vor dem Lawinenabgang aber dann doch zu einer leichten Abkühlung kam. Bemerkenswert ist auch, dass fünf bis sieben Tage vor dem Ereignis bereits höhere Temperaturen (bis zu +10°C) geherrscht haben. An diesen Tagen ist allerdings in den Nächten jeweils eine starke Abkühlung zu erkennen, da es sich um klare Nächte gehandelt haben dürfte.

Galzig Schneestation, 2025m (ZAMG) — Galzig, 2073m (ZAMG) 23.04.18 03:
 Osthangbahn Young, 2150m (LWD Tirol)

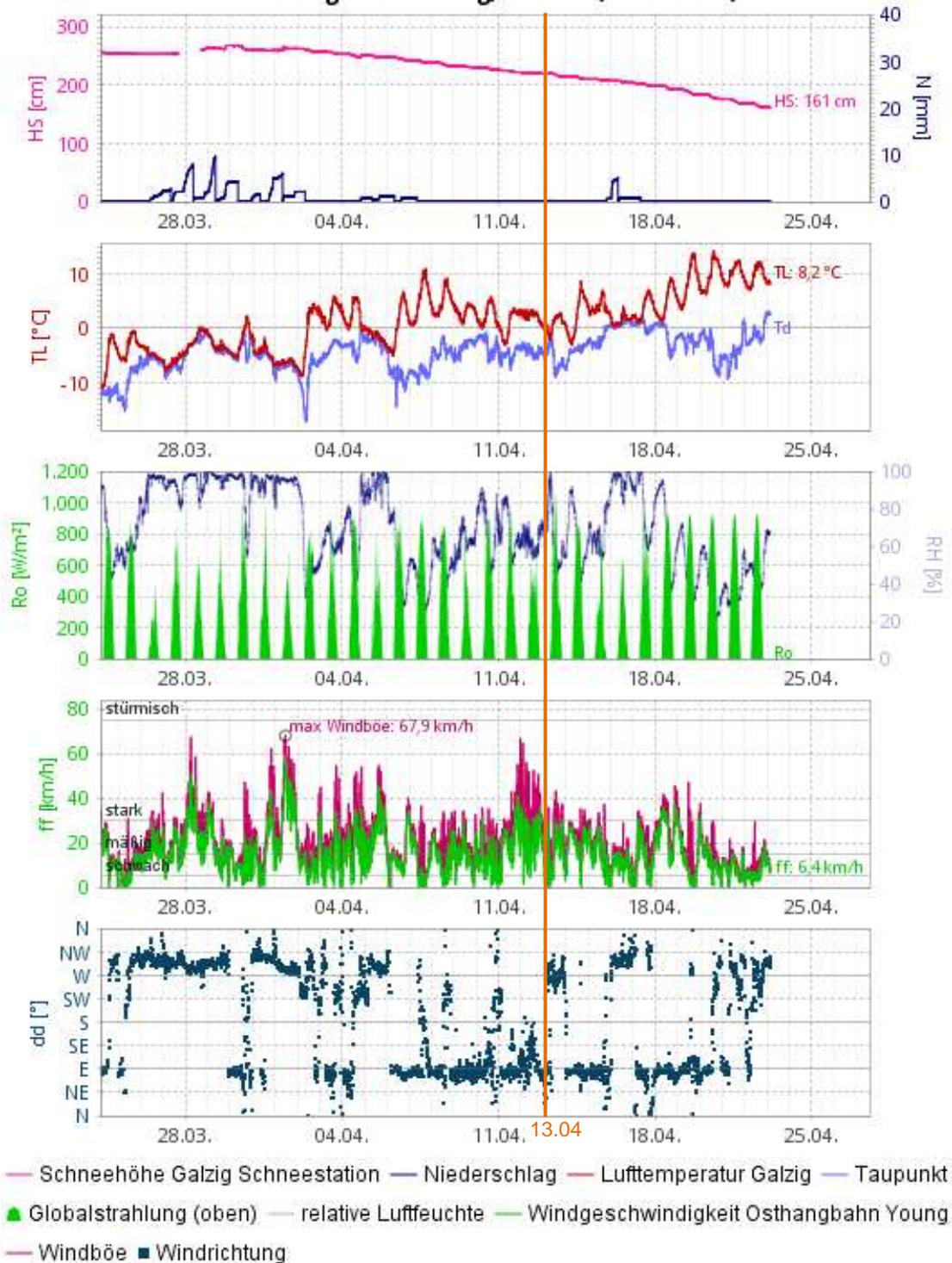


Abbildung 2.24: Wetterdaten zu Beispiel 2, Station Galzig (Quelle: LAWIS)

3 Beobachtungsfeld Planneralm und Daten

3.1 Die Planneralm

Die Planneralm ist ein mittelgroßes Skigebiet in der mittel-westlichen Steiermark, Österreich. Das Gebiet gehört zu den niederen Tauern und liegt zwischen 1600 und 2100 Metern Seehöhe

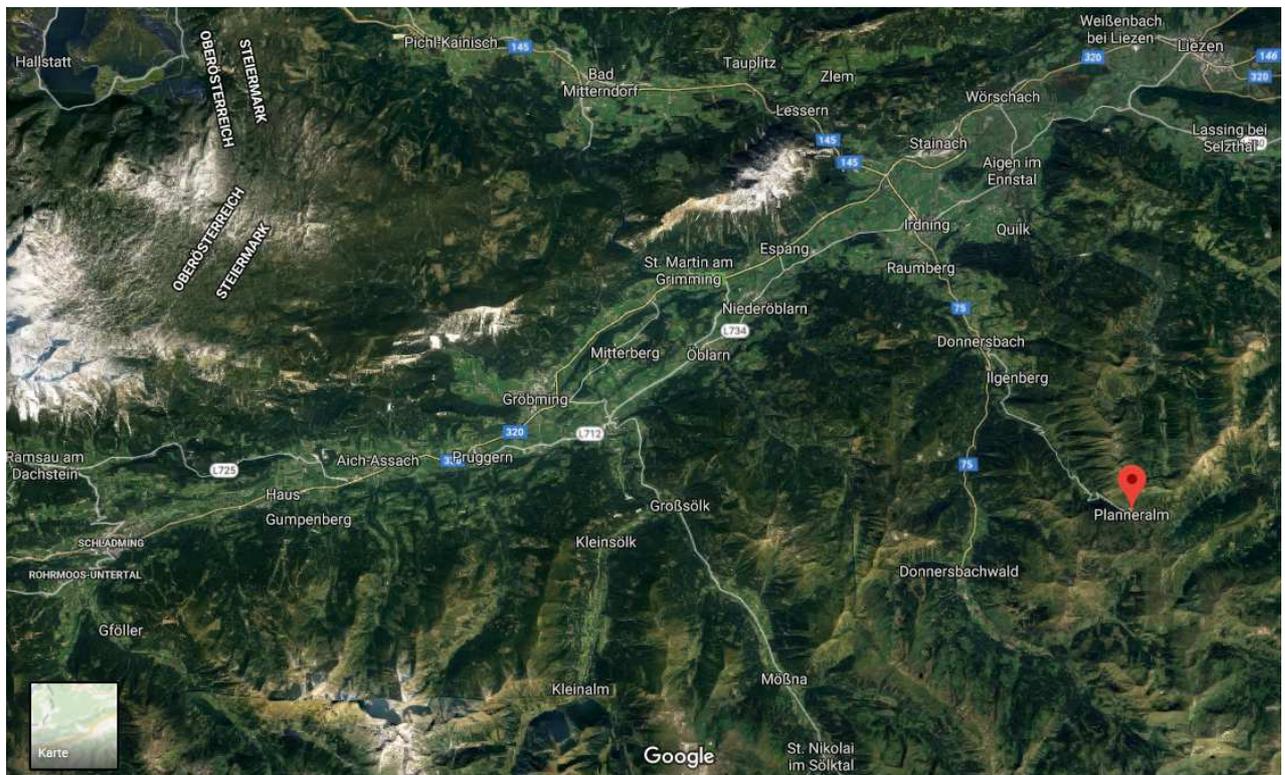
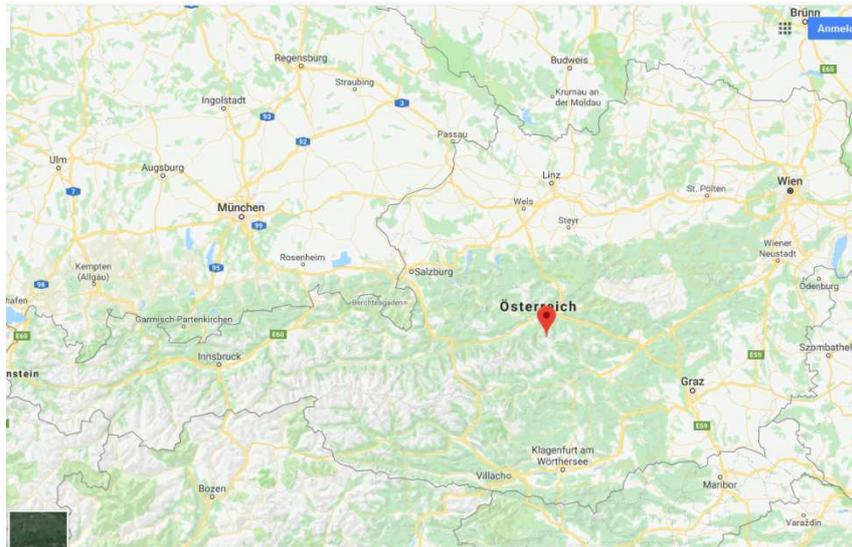


Abbildung 3.1: Lage Planneralm (Quelle: Google, 2018)

Die Vegetation der beobachteten Lawinhänge ist geprägt von Almwiesenböden, welche im Sommer Großteils auch beweidet werden. Ansonsten findet man viele Bereiche die mit Latschen bewachsen sind, sowie auch einzelne Baumgruppierungen mit Fichten. In den steileren Bereichen hin zu den Gipfeln gibt es auch felsdurchsetzte Hänge, hier tritt das

Grundgestein zu Tage, welches in den Niederen Tauern vor allem aus Glimmerschiefern besteht. Einige Hänge in diesem Gebiet, an denen es im Winter häufig zum Abgang von Gletschneelawinen kommt, sind teils von starker Erosion betroffen. Dies kann man im Sommer gut an der bräunlichen Farbe der Wiesen erkennen.



Abbildung 3.2: Das Beobachtungsfeld im Sommer (Bild: Autor)

3.2 Beobachtungsfeld und Kamera

Im Rahmen eines bereits ausgelaufenen Projektes der ZAMG Steiermark, bei dem unter anderem der Schneetransport durch Wind untersucht wurde, ist auf der Planneralm eine Panoramakamera installiert worden. Dankenswerter Weise wurden mir die Bilder dieser Kamera von der ZAMG Steiermark für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Die Panoramakamera dreht sich um 360° und macht in regelmäßigen Abständen Bilder von bestimmten Geländeabschnitten und speichert diese ab. Unter anderem auch von einigen interessanten Lawinhängen, an denen auch regelmäßige Gletschneeeaktivitäten beobachtet werden konnten. Dank dieser Bilder, welche in 30 Minuten Abständen aufgenommen wurden, konnte eine Geländekammer (Abb. 3.2) über fünf Wintersaisons hinweg beobachtet und nach Gletschneeeabgängen durchsucht werden. In den Wintersaisons 2009/10 und 2011/12 war die Kamera im damaligen USI-Sportheim aufgebaut (Lage siehe Abb. 3.3 - Kamerastandpunkt 1). In den Saisons 2015/16, 2016/17 und 2017/18 war die Kamera in einer naheliegenden Liftstation installiert (Lage siehe Abb. 3.3 - Kamerastandpunkt 2). Beide Kamerastandorte lieferten ähnliche Perspektiven auf die beobachtete Geländekammer. Die Beobachtungen der beiden verschiedenen Kamerastandorte können also miteinander verglichen werden.

Abbildung 3.3 zeigt eine Übersicht über das Beobachtungsfeld, über die zwei Kamerastandorte, sowie über die Position der Wetterstationen. Ein Beispiel für einen durch die Panoramakamera beobachteten Lawinenabgang (in der Nacht vom 28. auf den 29.01.2018) sieht man auf der Abbildung 3.4.

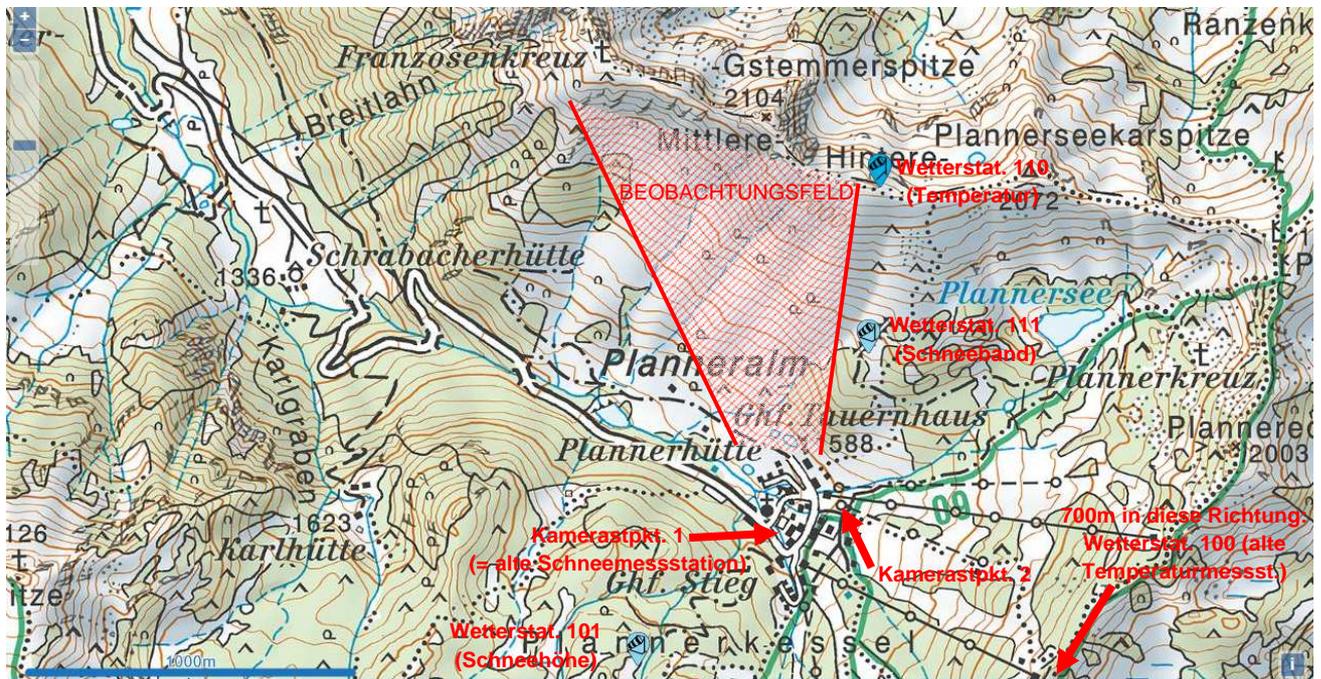


Abbildung 3.3: Standorte der Kameras und der Wetterstationen (Quelle: Snowmaps, 2018)



Abbildung 3.4: Lawinenabgang beobachtet durch die Panoramakamera (Bild: ZAMG Steiermark)

3.3 Wetterdaten

Für die Auswertung der Daten, also für die Erstellung der verschiedenen Statistiken und Grafiken wurden folgende Messwerte und Wetterstationen herangezogen:

+ Winter 2009/10 und 2010/11 (Kamerastandpunkt 1):

- Lufttemperatur [°C]:
 - Station Nr. 100: Planneralm Großer Rotbühel Windmessstation
 - Seehöhe: 2019 m
 - Exposition: befindet sich am Gipfelgrat.
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: 2 km
 - Betreiber: Land Steiermark LWD

- Schneehöhe [cm]:
 - Station: Planneralm Uniheim Tennisplatz Schneemessstation
 - Seehöhe: 1570 m
 - Exposition: befindet sich am Talboden.
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: direkt angrenzend (Station befand sich direkt neben dem Kamerastandpunkt 1).
 - Betreiber: ZAMG

Anmerkung: Laut ZAMG Steiermark war die dort gemessene Schneehöhe auf Grund eines Düseneffektes immer etwas geringer als die tatsächliche. Für unsere eher qualitative Analyse der Schneehöhe dürften die Daten jedoch ausreichend genau sein.

+ Winter 2015/16, 2016/17 und 2017/18 (Kamerastandpunkt 2):

- Lufttemperatur [°C]:
 - Station Nr. 110: Planneralm Gstemmerspitze Windmessstation
 - Seehöhe: 2089 m
 - Exposition: befindet sich am Gipfelgrat.
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: direkt angrenzend
 - Betreiber: Land Steiermark LWD

- Schneehöhe [cm]:
 - Station Nr. 101: Planneralm Loipe Schneemessstation
 - Seehöhe: 1707 m
 - Exposition: Nord-Ost
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: ca. 1 km
 - Betreiber: ZAMG

- volumetrischer flüssiger Wasseranteil [%]:
 - Station Nr. 111: Planneralm Gstemmerspitze Schneeband
 - Seehöhe: 1784 m
 - Exposition: Süd-West
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: direkt angrenzend
 - Betreiber: Land Steiermark LWD
 - Stationstyp: Snow Pack Analyser; Modell: SPA; Firma: Sommer Messtechnik. Messhöhe: 10 cm über der Bodenoberfläche.

Anmerkung: Die Daten des Schneebandes liefern laut Hersteller nicht zu 100 Prozent den tatsächlichen Wert des Wasseranteils in der Schneedecke, sondern müssen eher als qualitative Werte betrachtet werden. Als Richtwert zwischen einer trockenen und einer durchfeuchteten Schneedecke kann ein gemessener Wasseranteil von 3-4% herangezogen werden. Wobei laut Hersteller ein gemessener Wasseranteil von etwa 8% eine volle Sättigung der Poren mit Wasser darstellt.

- Schneeoberflächentemperatur [°C]:
 - Station Nr. 311: Großer Schober Schneemessstation
 - Seehöhe: 1743 m
 - Exposition: Süd-Ost
 - Entfernung zum Beobachtungsgebiet: ca. 32 km
 - Betreiber: ÖBB Infrastruktur AG

Anmerkung: Der Standort der Station Großer Schober liegt auf einem bewaldeten, nach Südosten ausgerichteten Sattel. Die dort gemessenen Schneeoberflächentemperaturen werden also leicht von den tatsächlichen, im Beobachtungsfeld herrschenden Temperaturen, abweichen. Da das Beobachtungsfeld großteils frei von Bäumen und relativ steil nach Süd-Süd-West ausgerichtet ist, dürften die tatsächlichen Oberflächentemperaturen im Beobachtungsfeld wohl etwas höher sein, als die von der Station aufgezeichneten.

3.4 Auswertung der Daten

Zunächst galt es, die halbstündlich von der Panoramakamera aufgenommenen Bilder vom Beobachtungsfeld, für die fünf Wintersaisonen manuell durchzusehen. Insgesamt konnten so, über die fünf Wintersaisonen, 92 Gleitschneeabgänge detektiert werden. Dabei wurde jeder Gleitschneelawinenabgang mit dem entsprechenden Datum und der Uhrzeit, an dem er das erste Mal zu sehen war, vermerkt. Aufgezeichnet wurde ein Abgang etwa ab der Größe eines Rutsches (Lawinengrößenskala). Neben der Information, ob es an einem Tag zu einem Gleitschneeabgang kam (avalanche day / non-avalanche day), wurden also auch Informationen zu der Abgangshäufigkeit pro Tag (Events pro Tag) und zu den Uhrzeiten der verschiedenen Abgänge generiert. Die Beobachtung startete jeweils Anfang bzw. Mitte Dezember, bzw. mit dem Tag, mit dem die Panoramakamera eingeschaltet wurde. Leider war dies in den Wintersaisonen 2016/17 und 2017/18 nicht vom Beginn der Saison an der Fall.

Anschließend konnten die Events pro Tag, mit den verschiedenen meteorologischen Daten der Messstationen, als Grafik übereinander gelegt werden. So konnte ein erster Überblick über die gesuchten Zusammenhänge, zwischen dem Auftreten von Gleitschneelawinen und gewissen meteorologischen Bedingungen, gegeben werden. Des Weiteren wurden verschiedene meteorologischen Variablen, wie zu Beispiel der tägliche Maximalwert der jeweiligen meteorologischen Größe, zu den avalanche days bzw. non-avalanche days zugeordnet, je nach dem ob am entsprechenden Tag ein Event beobachtet wurde, oder nicht. Daraus konnten dann Saisonweise, oder auch für mehrere Saisonen zusammen, Boxplots erstellt werden, mit denen man auf den ersten Blick Unterschiede in den Verteilungen der Variablen, zwischen Lawinen-Tagen und Nicht-Lawinen-Tagen, erkennen kann.

Mit den im folgenden Kapitel gezeigten Grafiken, möchte ich die beobachteten Events, in Verbindung mit den meteorologischen Messdaten, anschaulich und übersichtlich darstellen und folglich eine Interpretation zur jeweiligen Grafik formulieren. Dabei werde ich überwiegend auf die einzelnen Events eingehen und dann versuchen, die jeweiligen meteorologischen Umstände zu erklären, welche zum jeweiligen Abgang geführt haben. Des Weiteren werde ich die Ergebnisse und Grafiken, mit jenen von anderen Studien vergleichen. Vor allem werde ich dabei auf das Paper von Dreier et al. (2016) eingehen, welches eine ähnliche Fragestellung wie diese Arbeit aufweist und sich die Ergebnisse daher sehr gut vergleichen und Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede feststellen lassen.

4 Analyse der beobachteten Winter

4.1 Winter 2009/10

4.1.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick

Bereits Mitte Oktober kam es in der Steiermark zu den ersten Schneefällen im Gebirge, welche in den Nordalpen eine solide Schneedecke von bis zu einem Meter entstehen ließen. Dieser Neuschnee fiel auf ungefrorenen Boden und so kam es nach steigenden Temperaturen und Einstrahlung im letzten Oktoberdrittel bereits zu einigen Gleitschneeabgängen in der Steiermark (Abb.4.1).



Abbildung 4.1: Gleitschneeabgang Ende Oktober auf steilen Grashängen auf der Gleinalm (Bild: LWD STMK).

Nach einem sehr trockenen November wurde es im Dezember wechselhaft. Während es zu Beginn des Monats mild war und auch bis zu 30 cm Neuschnee in den nördlichen Alpen fielen, kam es in der Monatsmitte zu einem Kälteeinbruch. Am Monatsende kam es durch eine föhnlige Strömung zu einem markanten Temperatursprung nach oben, welcher zu einer starken Setzung der Schneedecke führte. Anfang Jänner sorgte eine Nordwestströmung für 20 bis 30 cm Neuschnee und führte zu einem rapiden Temperaturrückgang. Die Temperaturen blieben daraufhin niedrig, bis sich am 7.01. wieder wechselhafte Bedingungen einstellten. Am 17.01 brachten feuchtkalte Luftmassen in kurzer Zeit bis zu 50 cm Neuschnee. Danach herrschte längere Zeit schönes Winterwetter, bis es am 29.01 durch eine ausgeprägte nordwestliche Höhenströmung zu Neuschneezuwächsen von bis zu 60 cm innerhalb von 24 h kam. Anfang Februar blieb die Nordwestströmung erhalten und brachte vor allem in den nördlichen Gebirgsgruppen ergiebige Neuschneezuwächse. Ein darauffolgender Föhneinbruch brachte eine Setzung der Schneedecke und eine leichte Entspannung der Lawinensituation. Am 10.02 kam es durch ein Adriatief zu weiteren starken Schneefällen mit Schwerpunkt im Süden und tiefen Temperaturen mit -13 Grad in 2000 m. Mitte des Monats stellte sich dann eine stabile Hochdruckphase ein und es kam zu einer Entspannung der Lawinensituation. Am 19.02 kam es durch eine Südströmung dann wieder zu einem Temperaturrückgang und in weiterer Folge zu wechselnden Wetterbedingungen. Am 26.02 kam es noch einmal zu 20 - 30 cm Neuschnee in den Nordalpen, danach klang

der Februar überwiegend freundlich aus. Anfang März ließ kalte, nördliche Polarluft das Temperaturniveau stetig sinken und es fielen bei starkem Wind bis zu 30 cm Neuschnee. Ab dem 11.03 stellte sich eine stabile Nordwestströmung ein, die weiterhin für unregelmäßige Schneezuwächse sorgte. Ab dem 15.03. wurden die Schneefälle wieder intensiver, in den Staulagen der Nordalpen wurden Zuwächse von bis zu einem Meter erreicht. Ab dem 18.03. ließ die Intensität der Nordwest-Wetterlage allmählich nach und es baute sich von Süden her vermehrt Hochdruckeinfluss auf und es kam zu einer fortlaufenden Erwärmung (bis zu 6 Grad in 2000 m). Eine Kaltfront brachte am Monatsende noch einmal Niederschlag in Schauerform, die Schneedecke wurde bis auf ca. 1500 m durch den Regen durchnässt, sodass der Schneedeckenaufbau höhenabhängig sehr unterschiedlich ausfiel. Unbeständig und mit leichten Schneefällen wurde der April in den steirischen Alpen eingeleitet. Nach einer kurzen Schönwetterphase brachte eine nordwestliche Strömung in den Abendstunden des 04.04. erneut einen Neuschneezuwachs von bis zu einem halben Meter. Der rasche Wechsel des Wettercharakters ließ aber ab dem 06.04. die Sonne dominieren und die Schneedecke konnte sich setzen, jedoch herrschte zunehmend ein ausgeprägter Tagesgang der Lawinengefahr. Die folgenden Tage änderten nichts an diesem Wetterbild bis am 10.04. Wolken, Schneefall und teils stürmische Bedingungen kurzzeitig wieder winterliche Bedingungen in den Bergen oberhalb von 1200 m aufkommen ließen. Wechselnde Verhältnisse mit einem Mix aus Wolken, Nebel und etwas Sonne, sowie Temperaturen um die Nullgradmarke in 1500 m bestimmten die folgenden Tage. Allfällige Niederschläge fielen auf Grund der milden Temperaturen meist als Regen bis in die Hochlagen, wodurch die Schneedecke völlig durchfeuchtet wurde. Bis zum Ende des Monats dominierte weiterhin vornehmlich unbeständiges Wetter, wobei das Temperaturniveau weiter anstieg und der verbleibenden Schneedecke zusetzte.

(LWD Steiermark, 2011)

4.1.2 Datenanalyse

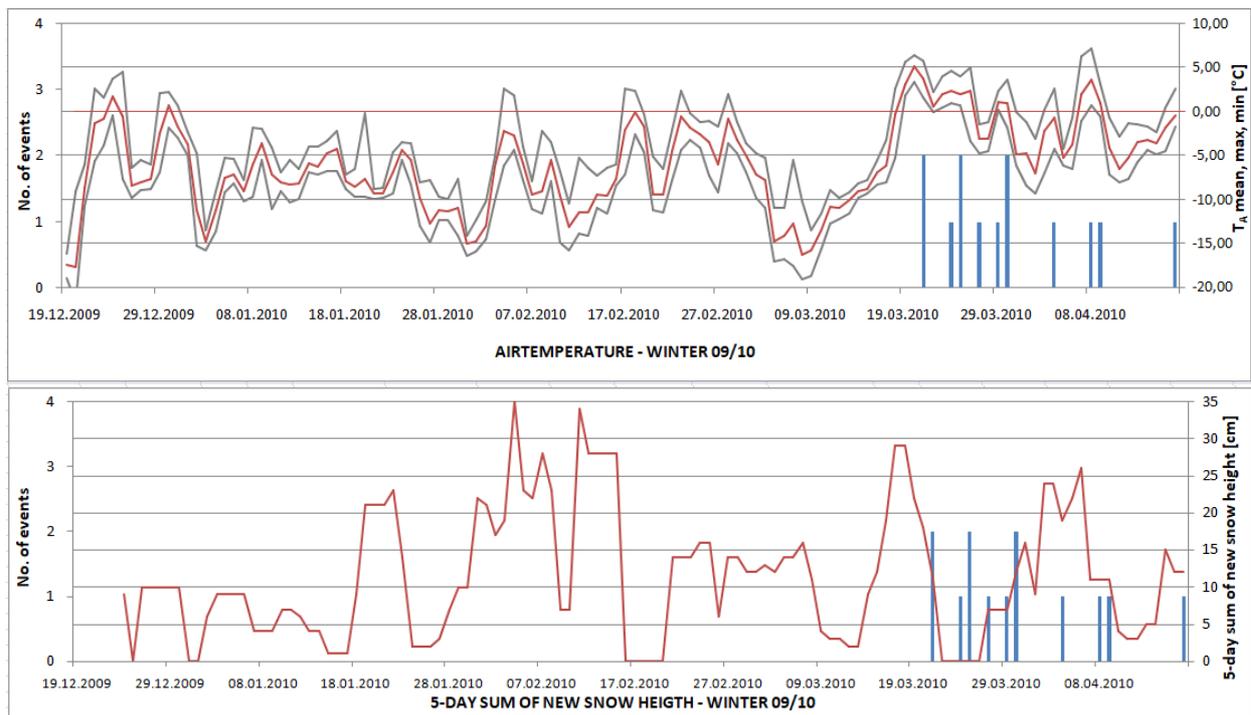


Abbildung 4.2: Winterverlauf 2009/10

4.1.3 Interpretation

Wie man an den Grafiken gut erkennen kann, haben sich die Gleitschneeabgänge im Winter 09/10 in unserem Beobachtungsfeld auf den Spätwinter bzw. auf das Frühjahr beschränkt. Auffällig dabei ist, dass die Abgänge nach einer markanten Erwärmung, welche auch in der Winterzusammenfassung des LWD Steiermark erwähnt wurde, ihren Anfang finden. Außerdem ist in der Zusammenfassung, in diesem Zeitraum, von einer Durchfeuchtung der Schneedecke bis in hohe Lagen die Rede. Der Beginn der Gleitschneeabgänge dürfte also höchst wahrscheinlich mit dem Vorhandensein von Schmelz- bzw. Regenwasser zusammenhängen. Außerdem ist auffällig, dass es kurz vor den Events noch einmal relativ viel Neuschnee gegeben hat. Dies bedeutet eine Gewichtszunahme in der Schneedecke, welche durch den Regen auch noch einmal stark gesteigert wurde. Einmal angefangen, gab es dann in den darauffolgenden Tagen viele Events hintereinander. Erst als es um den 31.03 wieder deutlich abgekühlte, konnte sich die Lage wieder etwas stabilisieren. Wobei es nach einer erneuten Erwärmung am 04.04 mit den Gleitschneeabgängen wieder weiter ging. Bemerkenswert ist, dass bei allen beobachteten Abgängen die tägliche maximale Lufttemperatur über der 0°C Grenze gelegen hat.

4.2 Winter 2010/11

4.2.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick

Nach einem kalten, im Süden schneereichen Monatsbeginn stieg am 05.12. die Lufttemperatur mit einer einsetzenden föhnigen, südwestlichen Strömung markant an. In der Nacht auf den 09.12. setzte eine nordwestliche Strömung ein, welche die Lufttemperatur auf der Planneralm in 2000 m von +5°C auf unter -10°C fallen lies. Im Nordstau kam es in den folgenden Tagen zu ergiebigen Neuschneezuwächsen. Unmittelbar vor den Weihnachtsfeiertagen setzte eine Südwestströmung ein und es folgte eine anhaltende Tauperiode bis zum Heiligenabend. Bis zum Ende des Dezembers kam es zu keinen nennenswerten Neuschneeereignissen mehr. Zu Beginn des Jänners sorgte eine nördliche Strömung für einen Temperaturrückgang, auf der Planneralm sank die Temperatur in 2000 m auf bis zu -15°C. Am Dreikönigstag (06.12.) trübte sich das zuvor sehr klare und sonnige Wetter und eine mäßige Südwestströmung sorgte für ein recht mildes Temperaturniveau. Am 13.01. traf eine Warmfront mit feuchten Luftmassen in der Steiermark ein. Aufgrund der warmen Westströmung regnete es bis zur Waldgrenze und darüber wurde der Neuschnee teils sehr feucht abgelagert. Außergewöhnlich für diese Jahreszeit war die erhöhte Gefahr von Nassschneelawinen, welche durch das Abgleiten des frischen, schweren Schnees auf der Altschneedecke zustande kam. Es konnten auch Gleitschneelawinen in tiefen und mittleren Lagen beobachtet werden. Eine schwach ausgeprägte Kaltfront am 15.01. brachte stürmischen Wind aus Nordwest mit unwesentlichen Niederschlägen. Hochdruckeinfluss sorgte danach für sonniges und warmes Wetter und entspannte die Lawinensituation. Am 24.01. und 25.01. brachte eine nordwestliche Strömung 40 bis 70 cm pulvrigen Neuschnee in den Nordalpen und in den Niederen Tauern. Danach herrschte bis zum 11.02. im Allgemeinen niederschlagfreies, sonniges und mildes Wetter in der Steiermark. Die Lufttemperatur in der ersten Februarhälfte lag in 2000m teilweise deutlich über dem Gefrierpunkt. Ein schwacher Kaltfrontdurchzug am 12.02. brachte nur geringe Neuschneemengen und das Wetter blieb in den folgenden Tagen aufgrund von Hochdruckeinfluss relativ mild. Vom 15.02. bis zum 17.02. fielen im Zuge eines Italtiefes bei zunehmendem Südwind 10-20 cm Neuschnee in den südlichen Gebirgsgruppen. Danach drehte die Strömung wieder auf Nordwest und brachte kühlere Luftmassen, vereinzelt kam es zu unergiebigem Schneefällen. Der bisherige Winter war geprägt von geringen Niederschlägen und vereinzelt Tauperioden, so lag die Schneehöhe deutlich unter dem 30-jährigen Mittel. Nach einem kurzen Tief Anfang März setzte sich mildes, sonniges Hochdruckwetter durch. Am 17.03. sorgte eine Nordwestströmung für Abkühlung und brachte feuchte Luftmassen in die Nordalpen, auf der Planneralm vielen daraufhin etwa 20 cm Neuschnee. Danach sorgte ein Hoch über den Britischen Inseln für sonniges und mildes Wetter. Am Ende des Monats kam es zu keinen nennenswerten Niederschlägen mehr und der Tagesgang der Lawinengefahr gewann aufgrund der Sonneneinstrahlung und durch die milden Lufttemperaturen an Bedeutung. Auch Gleitschneeabgänge konnten in dieser Periode beobachtet werden (Abb. 4.3).



Abbildung 4.3: Abrutschende Schneedecke am 25.03.2011, aufgenommen am Eisenerzer Reichenstein (Bild: Tourenforum, LWD STMK).

Der April war generell von beständigem, milden und sonnigen Wetter geprägt. Am Temperaturverlauf auf der Planneralm ist ein sehr markanter Wetterumschwung Mitte des Monats ersichtlich, welcher in Zusammenhang mit einem Kaltfrontdurchzug vom 12.04. steht. Diese Kaltfront sorgte für ein Absinken der Schneefallgrenze von Kamm- auf Talniveau und im nördlichen Bergland konnten bis zu 50 cm Neuschnee gemessen werden. Unterhalb von ca. 1800 m lagerte sich der Neuschnee auf aperen, warmen Böden bzw. auf einer nicht geschlossenen Altschneedecke ab.

(LWD Steiermark, 2011)

4.2.2 Datenanalyse

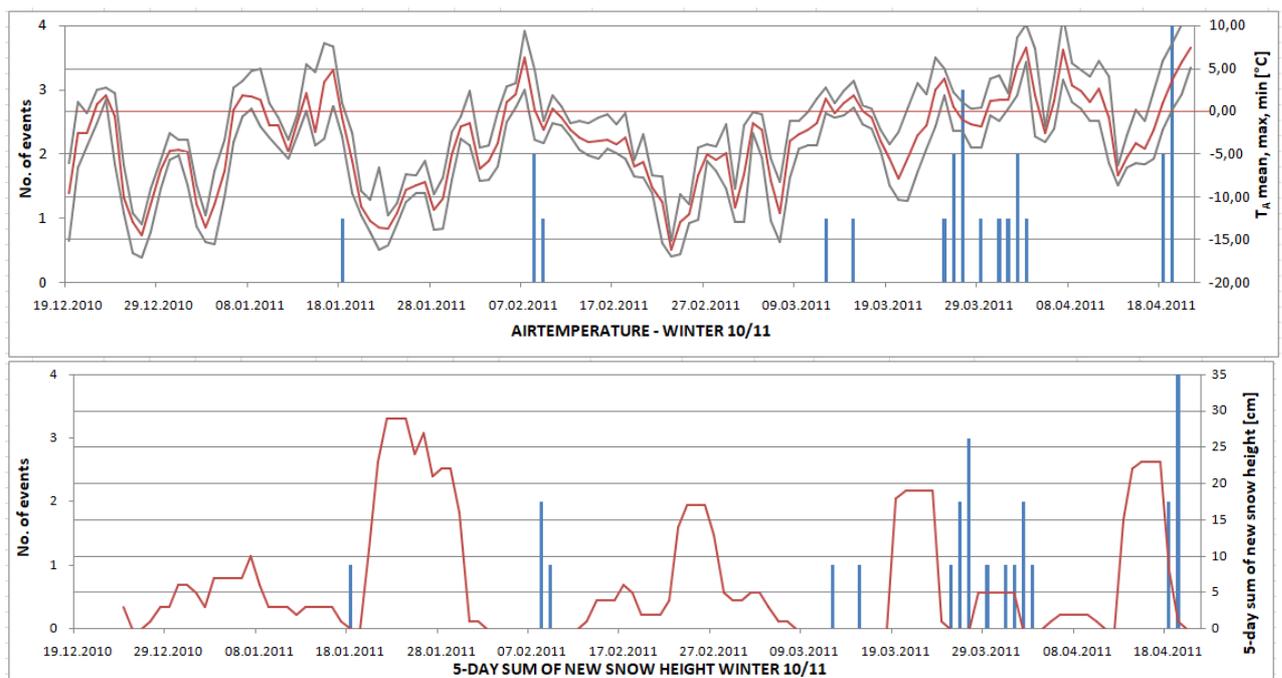


Abbildung 4.4: Winterverlauf 2010/11

4.2.3 Interpretation

Das Event am 18.01. ereignete sich nach der oben beschriebenen Warmfront mit Regen und sehr feuchtem Schneefall bis in hohe Lagen, der Grund für die Ausbildung einer feuchten Boden - Schnee - Grenzschicht dürfte hier also eindeutig sein. Den Abgängen vom 08. und 09.02. ging ebenfalls eine starke Erwärmung (T_{Amax} von bis zu $9,3^{\circ}\text{C}$) voraus. Auch hier war in der Winterzusammenfassung des LWD Steiermark von mildem Wetter und von Temperaturen über dem Gefrierpunkt in 2000 m Höhe die Rede. Außerdem gingen diesen Ereignissen relativ starke Schneefälle voraus, was eine Gewichtszunahme in der Schneedecke bedeutet. Bei den beiden Abgängen am 12. und 15.03.2011 lagen die Lufttemperaturen nur knapp über dem Gefrierpunkt, aber auch in diesem Zeitraum war in der Winterzusammenfassung von mildem, sonnigen Hochdruckwetter die Rede. Es dürfte also auch hier ein Schmelzwassereintrag in die Boden - Schnee - Grenzschicht passiert sein. Ab dem 25.03.2011 ereigneten sich dann eine Reihe von Gleitschneeabgängen. Die Lufttemperatur war an den Tagen davor stetig am steigen und erreichte am 24.03 mit einem Tagesmaximum von $6,2^{\circ}\text{C}$ ihren höchsten Wert, danach sank die Tageshöchsttemperatur einige Tage nicht mehr unter den Gefrierpunkt und erreichte am 03.04 sogar einen Wert von $10,1^{\circ}\text{C}$. In diesem Zeitraum ereigneten sich insgesamt 11 Abgänge, die meisten davon in der Zeit zwischen 14 und 17 Uhr. Hier hat sich also auch höchstwahrscheinlich Schmelzwasser gebildet und die Reibung zwischen Boden und Schneedecke so weit verringert, dass diese abrutschen konnte. Die Erklärung für die insgesamt sechs Gleitschneeabgänge am 18. und 19.04.2011 wurde ebenfalls bereits in der Winterzusammenfassung des LWD geliefert. Es lagerten sich etwa 30 cm Neuschnee auf die bereits aperen, warmen und wahrscheinlich auch noch feuchten Wiesenböden ab, was natürlich perfekte Bedingungen für Gleitschneelawinen sind. Nach dieser aktiven Phase wurde die Beobachtung eingestellt, da es im Anschluss wieder aper wurde und es somit zu keiner Gleitschneeaktivität mehr kam.

4.3 Winter 2015/16

4.3.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick

Zwar gab der Winter im September und Oktober schon einige kräftige Lebenszeichen von sich, allerdings schmolz der Schnee im viel zu warmen November und Dezember wieder nahezu gänzlich ab. So bildete sich im Winter 2015/16 im Gebirge erst im neuen Jahr ab der zweiten Jänner-Dekade eine nennenswerte Schneedecke. Nach leichten Schneefällen vom 30.11. bis zum 01.12.2015, setzte sich ab dem 02.12. wieder ein Hoch durch, welches dem Schnee in den Hochlagen wieder zusetzte. Um den 09.12. fiel wieder etwas Neuschnee, danach bestimmte eine milde, antizyklonale West-Strömung, sowie später ein Hoch das Wettergeschehen bis knapp zum Jahresende und der Schnee schmolz neuerlich dahin. Die Temperaturen stiegen in 2000m bis auf 10°C an. Der eigentliche Winter begann erst im Jänner. Die ersten ergiebigeren Schneefälle fielen zwischen 7.01. und 14.01. mit Schwerpunkt in den Nordstaugebieten. Am 25.01. regnete es fast den ganzen Tag bis auf über 2100 m hinauf, nach einer kurzen Wetterberuhigung regnete es am 31.01. abermals bis in die Hochlagen. Eine Warmfront sorgte dann vom 04.02. auf 05.02. für stürmischen Wind und etwas Neuschnee. Viel Schnee brachte die nachfolgende Kaltfront mit bis zu 70 cm in den Nordstaugebieten. Am Alpenhauptkamm lagen die Gesamtschneehöhen in höheren Lagen zumindest über einem Meter, im Süden wurden hingegen stark unterdurchschnittliche Schneehöhen registriert. Bis zum 09.02. folgte eine milde, aber stürmische Wetterphase mit Südföhn, die in der Nacht auf 10.02. mit einer markanten Kaltfront beendet wurde. Die Niederschläge fielen meist gleich in fester Form, anfangs im Zuge eingelagerter Wintergewitter auch als Graupel. Es folgte eine kühle Witterungsphase, welche den meist pulverigen Schnee vorerst konservierte. Erst in der Nacht vom 20.02. auf den 21.02. sorgte eine Warmfront wieder für reichlich Niederschlag im Nordstau, allerdings stieg die Schneefallgrenze vorübergehend bis auf 2400m an. Vom 07.03. bis 09.03. fiel von der Tauern-Südseite bis zum Randgebirge wieder Neuschnee und das sogar mit wenig Wind. Vom 15.03. auf 16.03. schneite es dann mit Schwerpunkt von den Mürzsteger Alpen bis zu den niederösterreichischen Voralpen. In weiterer Folge bewirkte eine Hochdruckrandlage in den westlichen Gebirgsgruppen bis zum 21.03. strahlend schönes Wetter. In der Karwoche wurde der Witterungscharakter dann wieder allgemein unbeständig mit einigen Schneeschauern, erst zu Ostern (27./28.03.) stellte sich im Zuge einer antizyklonalen Westströmung wieder recht sonniges Bergwetter ein. Am 29.03. wurden im Bergland die ersten Gewitter registriert, ab 30.03. bewirkte eine Südwestströmung recht mildes, in der Folge sogar extrem mildes Bergwetter. Allerdings trübten Wolken und in weiterer Folge auch Saharastaub den Sonnenschein. Im Gebirge blieben auch die nächtlichen Lufttemperaturen deutlich im Positiven, was in der Folge verbreitet zu spontanen Feucht- und Nassschneelawinenabgängen führte. Danach ging es bis zum 22.04. ruhig weiter, es herrschten zum Teil recht günstige Firnverhältnisse.

(LWD Steiermark, 2017)

Beim folgenden Bild des Beobachtungsfeldes vom 31.03.2016, 17 Uhr (aufgenommen von der Panoramakamera) sieht man, dass bereits ein Großteil der potentiellen Gleitschneehänge abgegangen ist.



Abbildung 4.5: Das Beobachtungsfeld am 31.03.2016 um 17 Uhr (Bild: ZAMG Steiermark).

4.3.2 Datenanalyse

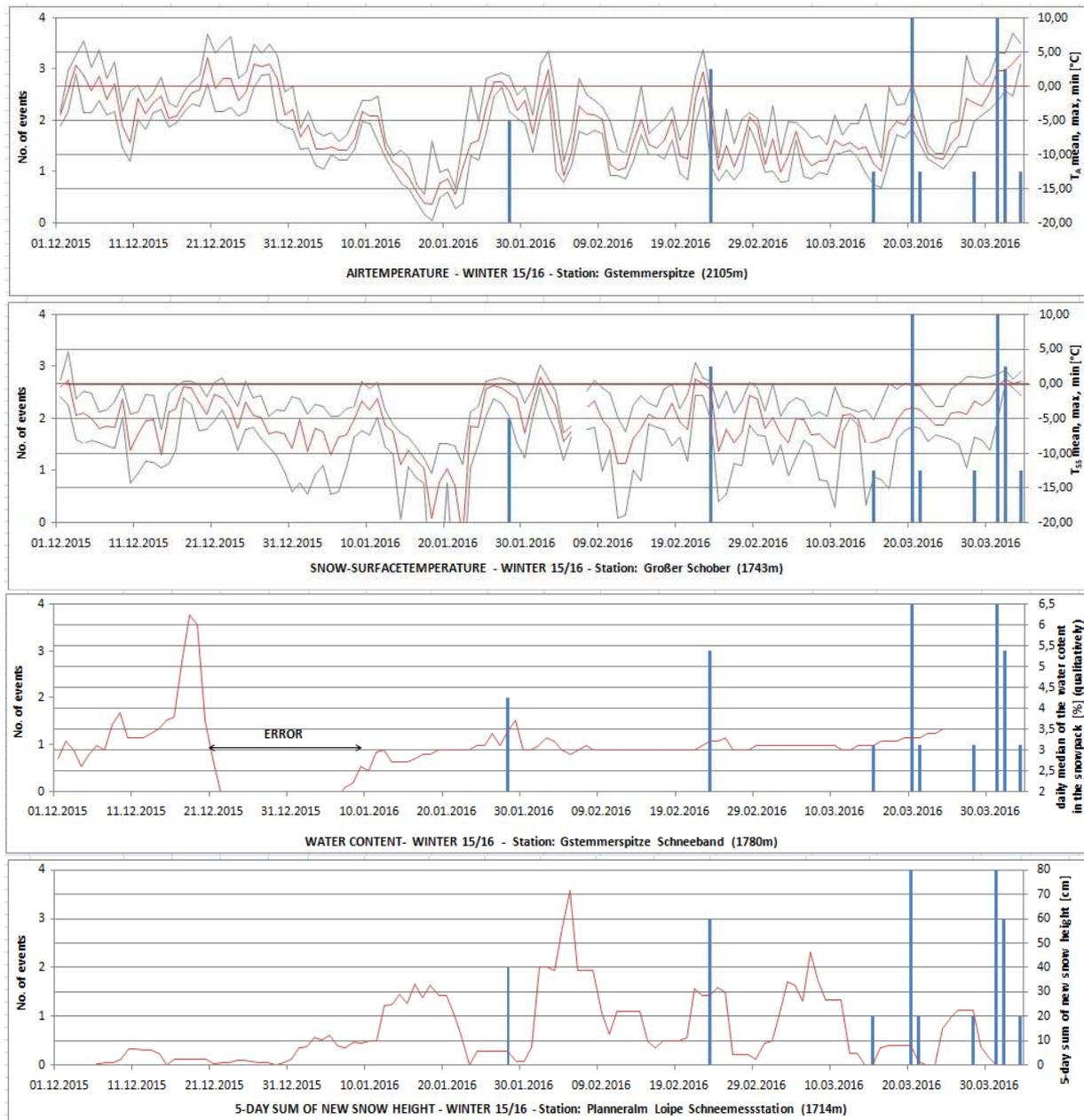


Abbildung 4.6: Winterverlauf 2015/16

4.3.3 Interpretation

Da im Winter 2015/16 fast bis Mitte Jänner immer nur zeitweise ein wenig Schnee lag, waren in diesem Zeitraum auch keine Gletschneelawinen zu beobachten. Die ersten beiden beobachteten Events ereigneten sich am 28.01.2016. In den Tagen davor kam es auch hier wieder einmal zu einem markanten Temperaturanstieg, auch wenn sich dieser nur bis knapp über den Gefrierpunkt hinweg entwickelte. Allerdings ist in der Winterzusammenfassung des LWD Steiermark zu lesen, dass es am 25.01. fast den ganzen Tag bis auf über 2000m hinauf regnete, was einerseits einen massiven Gewichtseintrag in die Schneedecke bedeutete und andererseits das Regenwasser wahrscheinlich auch bis in die Schnee - Boden - Grenzschicht durchgesickert ist (auch in der Wasseranteils-Grafik gut zu erkennen) und somit einen Reibungsverlust in dieser Grenzschicht hervorgerufen hat. Dies dürfte also diese beiden Events ausgelöst haben. Die nächste Gletschneeaktivität konnte dann am

23.02. beobachtet werden, an diesem Tag kam es zu drei Abgängen. Auch hier war an den vorangegangenen Tagen in der Winterzusammenfassung des LWD Steiermark wieder von Regen bis über 2000m hinauf die Rede, was man in der obigen Grafik auch wieder gut mit dem Steigen des Wasseranteils erkennen kann. Der Abgang am 15.03.2016 ist besonders interessant, zumal bei diesem Event, im Unterschied zu allen anderen zuvor beobachteten Abgängen, sowohl die Luft-, als auch die Schneeoberflächentemperatur deutlich unter dem Gefrierpunkt lagen, außerdem ereignete sich der Lawinenabgang in der Nacht (siehe Foto unten). Dieses Gleitschneeereignis ist also nicht so einfach zu erklären. Auffallend ist, dass genau mit dem Tag des Ereignisses bzw. auch schon am Tag davor, der Wasseranteil langsam aber stetig zum Steigen begann. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass trotz der Temperaturen unter 0°C, die zu dieser Jahreszeit doch schon sehr starke Sonneneinstrahlung (der 14.03. war ein sehr sonniger Tag), etwas Schmelzwasser produzieren konnte und dass man das in der Grafik, auf Grund der etwas anderen Exposition der Messstation der Schneeoberflächentemperatur (Südost und etwas bewaldet), nicht erkennen konnte. Es könnte aber durchaus auch andere Gründe für diesen Abgang, wie zum Beispiel austretendes Hangwasser, geben.



Abbildung 4.7: Das Gleitschneeereignis von der Nacht vom 14. auf den 15.03.2016.

Linkes Bild: 14.03. um 17:30 Uhr. Rechtes Bild: 15.03. um 07:00 Uhr (Bilder: ZAMG STMK)

Ab dem 20.03. kann man, wie schon bei den zuvor analysierten Wintern, wieder die klassische Situation im Frühjahr beobachten. Es wird im Allgemeinen wärmer und somit zu dieser Jahreszeit die Schneedecke auch durchfeuchtet. Folglich häufen sich dadurch die Gleitschneelawinenabgänge zunehmend. Um den 24.03. herum konnte sich durch einen Temperatursturz die Schneedecke noch einmal ein wenig stabilisieren, bis kurz darauf die Temperaturen wieder deutlich anstiegen und es am 28.03. wieder mit den Gleitschneeereignissen weiterging.

4.4 Winter 2016/17

4.4.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick

Eckdaten der Saison 2016/17 (LWD Steiermark, 2017):

- Sehr später Winterbeginn (im Norden Anfang Jänner, im Süden Anfang Februar), dadurch an schattseitigen Hochlagen ein lange anhaltendes Altschneeproblem
- Sehr kalter Jänner (kältester nach 1987) mit viel Schnee im Nordstaugebiet und günstigen Tourenbedingungen mit Pulverschnee
- Sehr warmer März (zweitwärmster nach 1994)
- Häufig Regen bis in die Hochlagen
- Insgesamt relativ wenig Unfälle und keine Schadlawinen

Nach einem Spätherbst mit erstem Schnee folgte ein nahezu niederschlagsfreier Dezember. Fast den ganzen Dezember hindurch gab es kaum Niederschlag, es dominierte ein Hochdruckgebiet. Die Schneesituation auf den steirischen Bergen war daher mehr als dürrtig und ähnelte jener des Monats Dezember 2015. Erst am Christtag gelangten mit einer Westströmung wieder feuchtere Luftmassen in die Steiermark, der anfängliche Schneefall ging allerdings bald in Regen über, sodass sich auch dieses Jahr das fast schon obligatorische Weihnachtstauwetter einstellte. Erst am 28.12.2016 wurde es wieder kälter und entlang der Nordalpen fielen sogar bis zu 50cm Neuschnee. Auch diesem Schneeeignis folgte wieder eine milde Wetterphase. Zum Jahreswechsel herrschten in höheren Lagen der Nordalpen und Tauern bereits firnartige Verhältnisse. Mit dem Tief „Axel“ begann ab 04.01.2017 der eigentliche Winter. Bei überall extrem tiefen Temperaturen und Sturm fiel Schnee, allerdings nur entlang der nördlichen Gebirgsgruppen. Hier wurden Neuschneehöhen bis zu einem halben Meter registriert. Durchziehende Kaltfronten sorgten bis zum 17.01.2017 für weitere Schneezuwächse. In der Folge stellte sich eine länger anhaltende „Blocking-Lage“ mit Kaltluftadvektion aus Osten ein. Ab dem 27.01.2017 kam es in höheren Lagen zu einer massiven Erwärmung. Die Höhenströmung drehte auf West und die Temperaturen bewegten sich in 2000 m knapp unter 0 Grad. Am 30.01.2017 ging die Schönwetterphase endgültig zu Ende und Niederschläge setzten ein, die Schneefallgrenze stieg dabei auf über 2000m. Vom 21.02. auf 22.02.2017 regnete es im Zuge einer kräftigen Westströmung bis über 2000m hinauf, die Schneedecke wurde weich und feuchte Lockerschneelawinen gingen ab. Eine antizyklonale W/SW-Strömung ließ dann am 23.02.2017 die Temperaturen ordentlich nach oben klettern. Wiederum kam es zu Locker- bzw. Nassschneelawinen. Nach einer ruhigen Wetterphase, sorgte am 04.03.2017 ein Föhnsturm im Gebirge für Windgeschwindigkeiten von knapp 200 km/h, zudem war es sehr warm. Es folgte ein Wechselspiel aus Kalt- und Warmfronten mit zeitweisem Regen bis auf 1500m, später auch Wintergewitter mit Graupel und Schneefall. Danach besserte sich das Wetter nur kurz, vor allem am 10.03.2017 schneite es entlang der Nordalpen und Niederen Tauern wieder kräftig. Eine Warmfront brachte vom 18.03. auf den 19.03.2017 einiges an Niederschlag, allerdings regnete es unterhalb von etwa 2000 m. Feuchte bis nasse Lockerschneelawinen aus dem höher gelegenen Steilgelände (spontane Auslösungen in allen Hangrichtungen) waren die Folge, in tieferen Lagen schmolz der Schnee vollkommen ab. Bis Anfang April schloss eine Wetterphase an, bei der es zunehmend wärmer wurde und in der Nacht kaum mehr abkühlte. Es stellten sich frühjahrsartige Bedingungen mit Sulzschnee, aber auch Nassschneelawinen ein.

(LWD Steiermark, 2017)

4.4.2 Datenanalyse

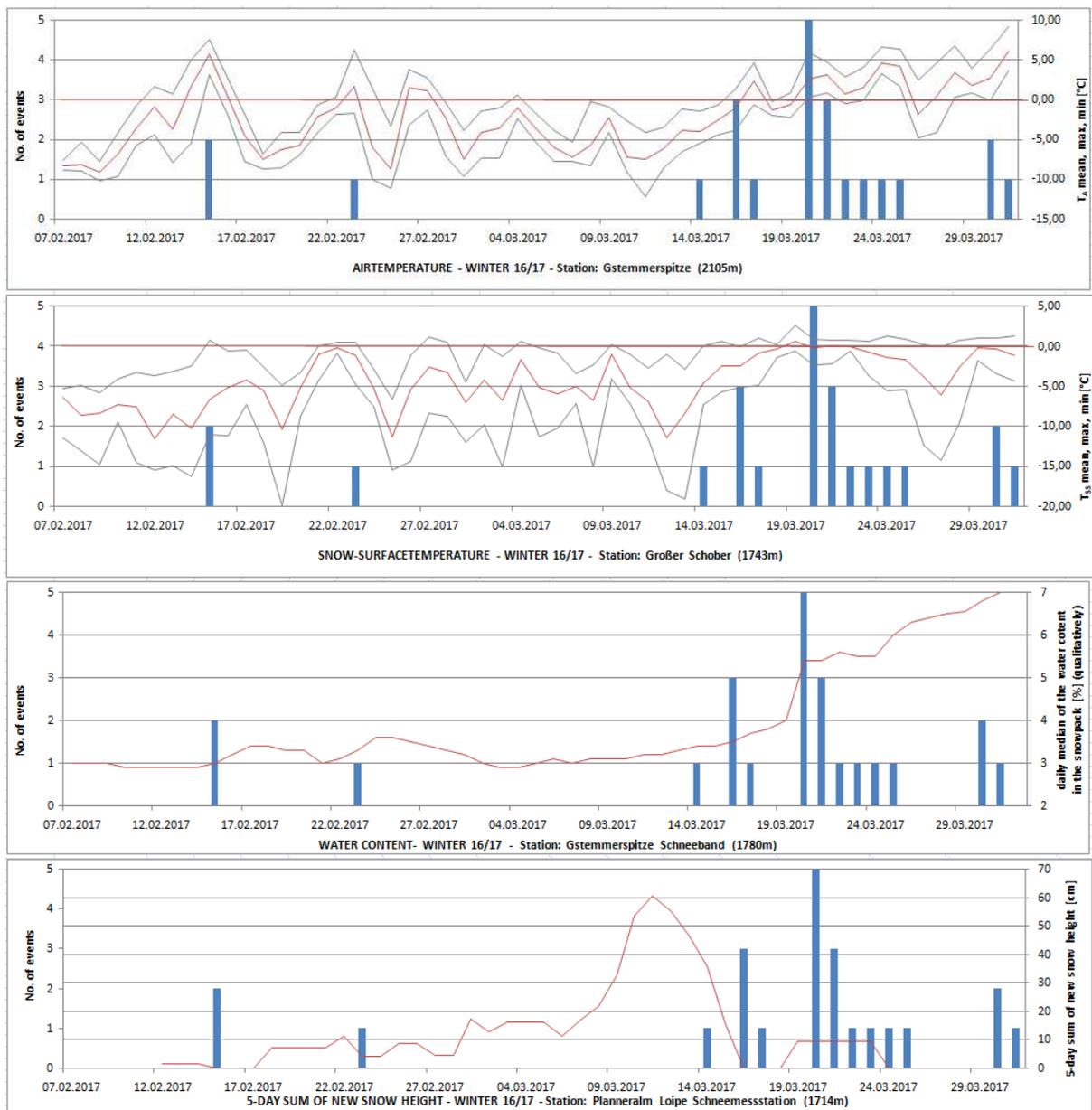


Abbildung 4.8: Winterverlauf 2016/17

4.4.3 Interpretation

In der Wintersaison 2016/17 waren die Bilder der Panoramakamera leider erst ab dem 07.02.2017 verfügbar, dementsprechend fangen auch die Grafiken erst mit diesem Tag an. Die ersten beiden Ereignistage am 15. und 23.02. zeigen bei den Diagrammen ein relativ ähnliches Bild. An beiden Tagen weisen die Temperaturkurven einen markanten Peak bis über den Gefrierpunkt auf. Auch beim Wasseranteil ist jeweils ein leichter Anstieg zu sehen. Beim Ereignis am 23.02. war in der Winterzusammenfassung des LWD Steiermark zudem an den Tagen davor von Regen bis auf über 2000 m die Rede, außerdem wurde um diesen Zeitraum eine erhöhte Nassschneeaktivität erwähnt. Die schon in den anderen Wintern beobachtete erhöhte Gleitschneeaktivität im Frühjahr startete dann mit dem 14.03.2017. Nachdem es zuvor vom 06. bis 11.03 insgesamt ca. 70 cm Neuschnee gab, stiegen die Temperatur und der Wasseranteil in der Schneedecke deutlich an.

Beim Ereignis am 14.03. waren die Temperaturen zwar noch unter dem Gefrierpunkt, es war allerdings ein sehr sonniger Tag mit viel Sonneneinstrahlung auf die Schneedecke, außerdem dürfte bei diesem Abgang auch die Gewichtszunahme der Schneedecke, durch die vorangegangenen starken Schneefälle, eine Rolle gespielt haben. Am 18. und 19.03. regnete es bis auf ca. 2000 m hinauf stark, was auch am deutlichen Anstieg des gemessenen Wasseranteils gut erkennbar ist. Die Folge waren sechs Ereignistage hintereinander mit insgesamt zwölf beobachteten Gleitschneeabgängen. Nach einer kurzen Stabilisierung durch einen Temperaturrückgang, kam es nach einem erneuten Temperaturanstieg am 30. und 31.03 noch einmal zu drei beobachteten Ereignissen.

4.5 Winter 2017/18

4.5.1 Winterverlauf in der Steiermark im Überblick

Eckdaten der Saison 2017/18 (LWD Steiermark, 2018):

- Recht früher Winterbeginn mit ausreichend Schnee im Gebirge
- Sehr abwechslungsreicher Witterungsverlauf im Dezember mit Sturm, Tauwetter und Neuschnee
- Stürmischer und milder Jänner mit Regen, Schneezuwachs nur in den Nordstau-Hochlagen (Anfang Jänner viele Gleitschneelawinen).
- Extrem kalter Februar mit Neuschnee vorwiegend alpensüdseitig
- Kalter März mit weiterem Schnee vor allem im Randgebirge
- Rasche Schneeschmelze im „sommerlichen“ April

Nach ersten Schneefällen in den Hochlagen im September, präsentierte sich der Oktober hingegen überdurchschnittlich warm und sonnenreich. Es folgte der kühlfte November der vergangenen zehn Jahre. Italien-Tiefs um den 07.11. und 13.11. brachten den südlichen Gebirgsgruppen Neuschnee. Zwischen 18.11. und 21.11. stellte sich Nordstau-Wetter ein und es schneite in den Nordalpen und Tauern ergiebig. Im Dezember gestaltete sich die Witterung äußerst abwechslungsreich. Im Unterschied zu den Tallagen war es im Gebirge deutlich kälter als im langjährigen Schnitt, die Niederschläge fielen hier deshalb meist in Form von Schnee. Daher verzeichnete das Bergland eine viel bessere Schneelage als in den Jahren zuvor. Die Abfolge unterschiedlicher Wetterlagen hinterließ verbreitet deutliche Spuren in der Schneedecke. Der Jänner startete stürmisch, die Windböen erreichten im Gebirge Orkanstärke und es regnete bis auf knapp 2000m hinauf. Der zunehmend feuchter und schwerer werdende Schnee begann an steilen Hängen zu gleiten, es bildeten sich zahlreiche Schneemäuler und auch größere Gleitschneelawinen. Nach einer eher ruhigen und milden Wetterphase stellte sich das Wetter ab 17.01. grundlegend um: Bis zum 22.01. brachte eine Abfolge von Kalt- und Warmfronten vor allem den westlichen Nordalpen und der Tauernnordseite bis zu 150 cm Neuschnee. Trüb und sehr kalt war es fast während des gesamten Februars. Adriatiefs in den Seetaler Alpen und im Randgebirge sorgten für Neuschneezuwachs, ansonsten war es ausgesprochen trocken. Ab der letzten Monatsdekade erreichten arktische Luftmassen die Ostalpen, in den Hochlagen sanken die Temperaturen bis unter -25°C. Anfang März setzte sich das sehr kalte Wetter fort, zudem begann starker Wind, welcher mit dem kalten und lockeren Schnee „leichtes Spiel“ hatte. Nach einer eher ruhigen Wetterphase mit leicht steigendem Temperaturniveau begann ab 17.03. eine für diese Jahreszeit ungewöhnlich winterliche Phase, anfangs mit Neuschnee auf den Bergen, später mit sehr tiefen Temperaturen, teilweise klaren Nächten und viel Wind aus unterschiedlichen Richtungen. Im April ging der kalte Winter rasch zu Ende. Bereits ab Karfreitag, den 30.03., hatte teils kräftiger Südwestföhn für eine rasche und nachhaltige Erwärmung mit positiven Temperaturen bis über 2000 m Seehöhe gesorgt. Mit dem einhergehenden Festigkeitsverlust kam es nachfolgend vermehrt zu spontanen Nassschneelawinen. Im Laufe des Aprils gab es nur noch spärliche Niederschläge, meist in Form von Regen, zudem wurde es fast sommerlich warm. Im Gebirge stellte sich nur mehr selten nächtlicher Frost ein, sodass kaum firnartige Bedingungen herrschten und die Schneedecke sehr rasch schmolz. Im langjährigen Mittel ging der April 2018 als wärmster April seit dem Jahre 1800 in die Messgeschichte ein.

(LWD Steiermark, 2018)

Wie im Winterrückblick erwähnt, kam es im Jänner zu einigen Gleitschneeereignissen in der Steiermark. Auch bei diversen Ausfahrten des Lawinenwarndienstes Steiermark konnte dies beobachtet und dokumentiert werden:

Das erste Bild (Abb. 4.9) stammt von einer Erkundungstour am 25.12.2017 auf der Planneralm (etwas entfernt von unseren Beobachtungshängen) und zeigt eine mächtige Gleitschneelawine.



Abbildung 4.9: Mächtige Gleitschneelawine auf der Planneralm (Bild: LWD STMK).

Auch bei einem Erkundungsflug des LWD Steiermark über die Niederen Tauern am 29.01.2018 konnte einiges an Gleitschneeaktivität beobachtet werden. In einem Situationsbericht des LWD, nannte man als Grund für die hohe Gleitschneeaktivität, die teilweise großen Schneemächtigkeiten in den eingewehten Bereichen in Kombination mit dem warmen, sonnigen Wetter der davorliegenden Tage. Am folgenden Bild (Abb. 4.10) ist die Situation vom 29.01.2018 in den Niederen Tauern zu sehen. Viele Gleitschneelawinen sind auf diesem Hang schon abgegangen (blau umrahmt), das rot eingekreiste Gleitschneemaule ist nur wenig geöffnet.

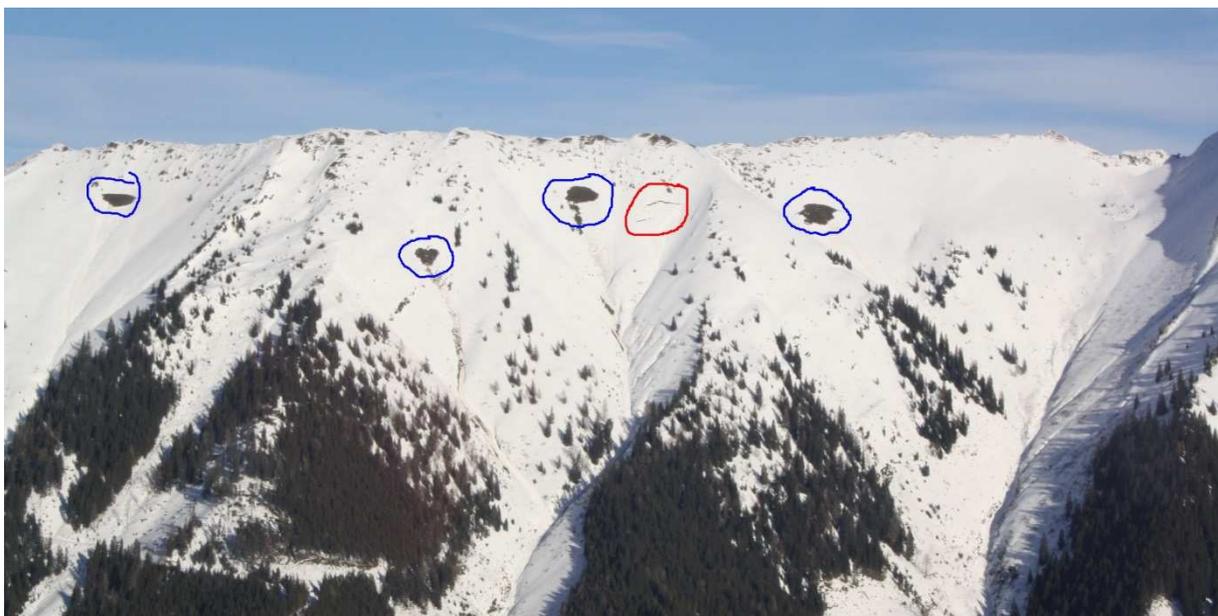


Abbildung 4.10: Hohe Gleitschneeaktivität in den Niederen Tauern (Bild: LWD STMK).

4.5.2 Datenanalyse

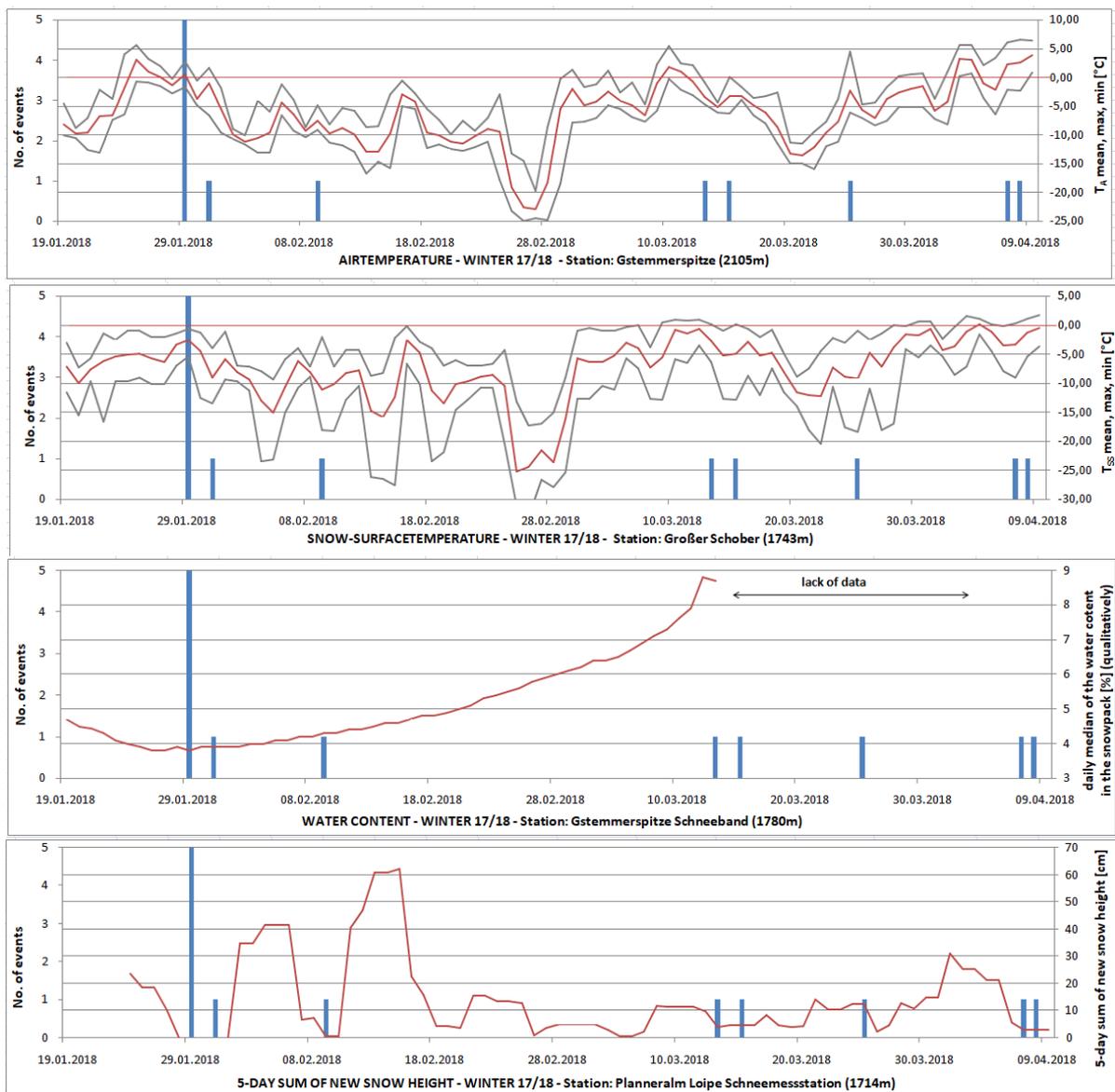


Abbildung 4.11: Winterverlauf 2017/18

4.5.3 Interpretation

Im Winter 2017/18 wurde die Panoramakamera erst am 19.01.2018 in Betrieb genommen. Die oben erwähnte, hohe Gleitschneeaktivität im Jänner war auch im Beobachtungsfeld zu sehen. So konnten am 29.01.2018 gleich 5 Gleitschneeabgänge beobachtet werden (siehe Abb. 4.12). Die Situation erinnert dabei an Bilder aus dem Frühling. Der Grund für die Abgänge wurde oben schon genannt. Es gab eine mächtige, schwere Schneedecke (Schneemessstation Plannergalm am 29.01.: 161 cm Gesamtschneehöhe), gepaart mit sehr milden Temperaturen an den vorangegangenen Tagen. Auch am 31.01. konnte noch eine Gleitschneelawine beobachtet werden, welche wohl auch noch der milden Wetterphase zugeschrieben werden kann.



Abbildung 4.12: Das Beobachtungsfeld am 29.01.2018 um 16 Uhr (Bild: ZAMG STMK).

Der Abgang vom 09.02.2018 stellt wohl eine der selten beobachteten kalten Gleitschneelawinen dar. Das Event ereignete sich in der Nacht und die Temperaturen lagen deutlich unter dem Gefrierpunkt ($T_{AMax} = -4,9^{\circ}C$). Schaut man auf die Grafik des Wasseranteils lässt sich aber dennoch flüssiges Wasser in der Schnee - Boden - Grenzschicht vermuten. Eine plausible Erklärung für den Verlauf des Wasseranteils könnte sein, dass die Schneedecke Anfang Jänner (milde Temperaturen und Regen bis auf 2000m - siehe Winterüberblick) bis zum Boden durchnässt wurde und sie dann den restlichen Winter nie mehr ganz durchgefroren ist. So war der Februar zwar sehr kalt, laut Winterzusammenfassung des LWD Steiermark aber auch durchwegs trüb, was bedeutet, dass die Schneedecke in den Nächten wohl nur wenig ausstrahlen konnte. Bei den beiden Events am 13. und 15.03.2018 kann man an den Vortagen auch eine relativ milde Wetterphase erkennen, auch wenn es an den beiden Lawinentagen selbst nicht besonders warm war. Der Abgang 25.03. fällt perfekt mit dem Temperaturmaximum der umliegenden Tage zusammen ($T_{AMax} = 4,5^{\circ}C$). Anfang April wurde es dann wie oben schon beschrieben sehr mild und es konnten am 07. und 08.04. noch zwei Gleitschneeabgänge beobachtet werden. Diese können der schon in den Jahren zuvor beobachteten, klassischen Frühjahrssituation zugeschrieben werden.

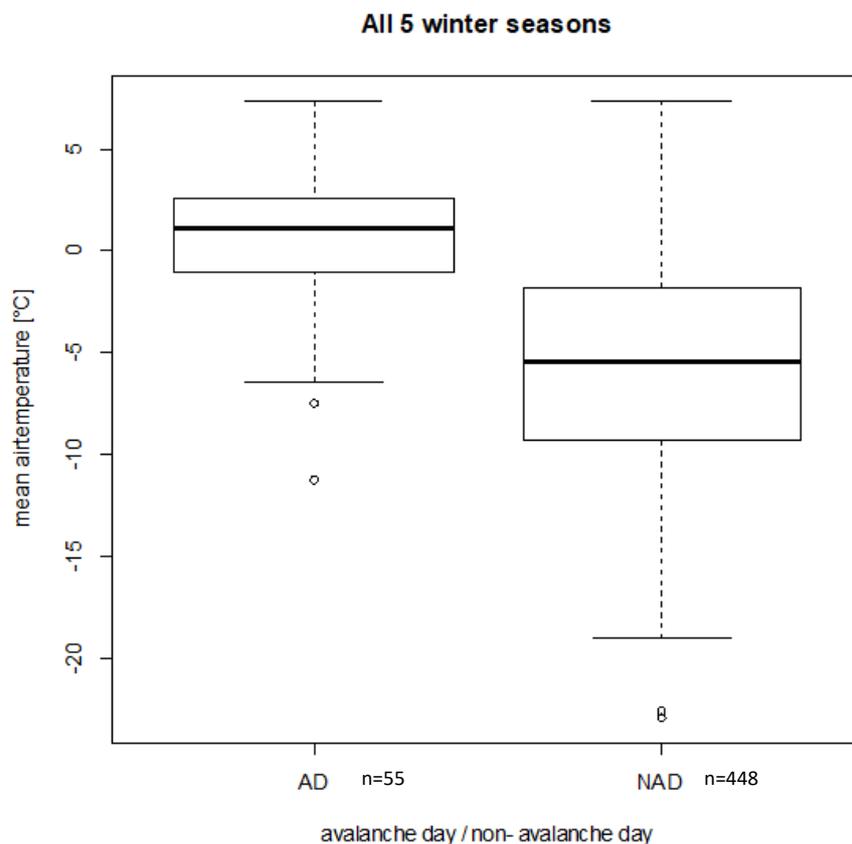
5 Datenauswertung und Ergebnisse

5.1 Boxplots

Mit den folgenden Boxplots möchte ich Verteilungen von verschiedenen Parametern, differenziert zwischen "avalanche days" und "non-avalanche days" aufzeigen. (Erklärung "avalanche day": Tag, an dem mindestens eine Gletschneelawine beobachtet wurde; "non avalanche day": Tag ohne Gletschneelawine). Dabei werden die Verteilungen der jeweiligen meteorologischen bzw. Schneedeckenparameter (z.B. die maximale Lufttemperatur) an Tagen mit bzw. ohne Gletschneelawinen getrennt, über mehrere Saisonen hinweg betrachtet, um eine entsprechende Stichprobenanzahl zu bekommen. Auf diese Weise kann man sehr gut erkennen, ob die Werte bestimmter Parameter, an Tagen mit Gletschneelawinen anders verteilt sind, als an Tagen ohne Gletschneelawinen.

Bei den Boxplots spannt sich die Box (dünne Linien) zwischen erstem und drittem Quartil, beinhaltet also 50% der Daten. Die etwas dickere Linie bildet den Median ab. Durch die Antennen (Whisker) werden die außerhalb der Box liegenden Werte dargestellt, sofern sie sich innerhalb des 1,5 fachen Interquartilsabstands befinden. Alle Daten außerhalb dieses Abstands (Ausreißer) werden mit Punkten dargestellt. Auf der Y-Achse ist die Skala des jeweiligen Parameters (z.B. Lufttemperatur) abgebildet, auf der X-Achse wird zwischen avalanche und non- avalanche days unterschieden.

5.1.1 Mittlere-, maximale- und minimale Lufttemperatur für alle 5 Wintersaisonen



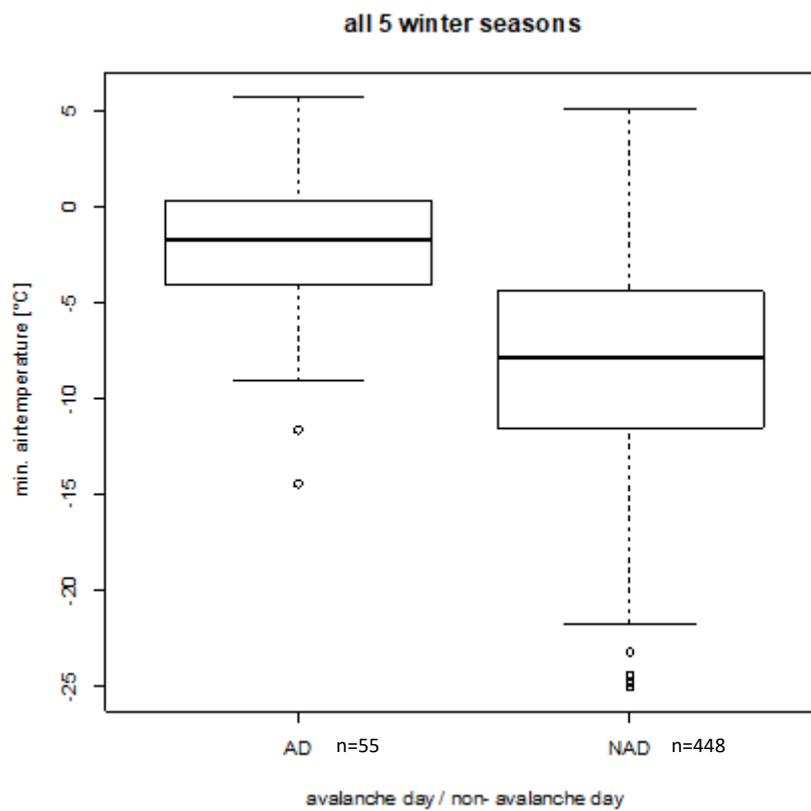
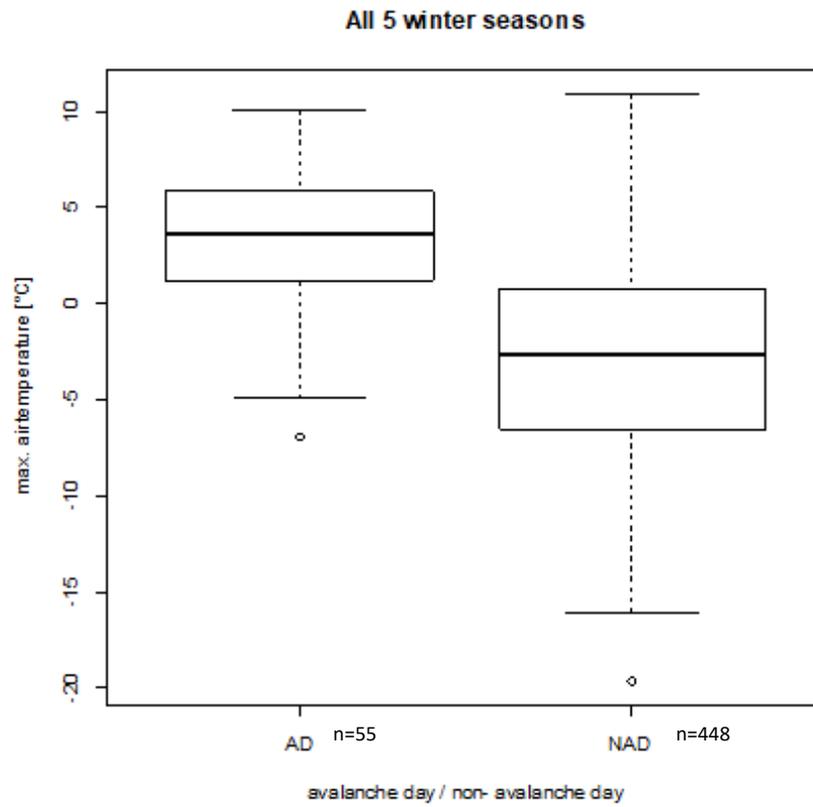


Abbildung 5.1: Boxplots: Verteilungen der Lufttemperatur

5.1.2 Mittlere- und maximale Schneeoberflächentemperatur für die Winter 15/16, 16/17, 17/18

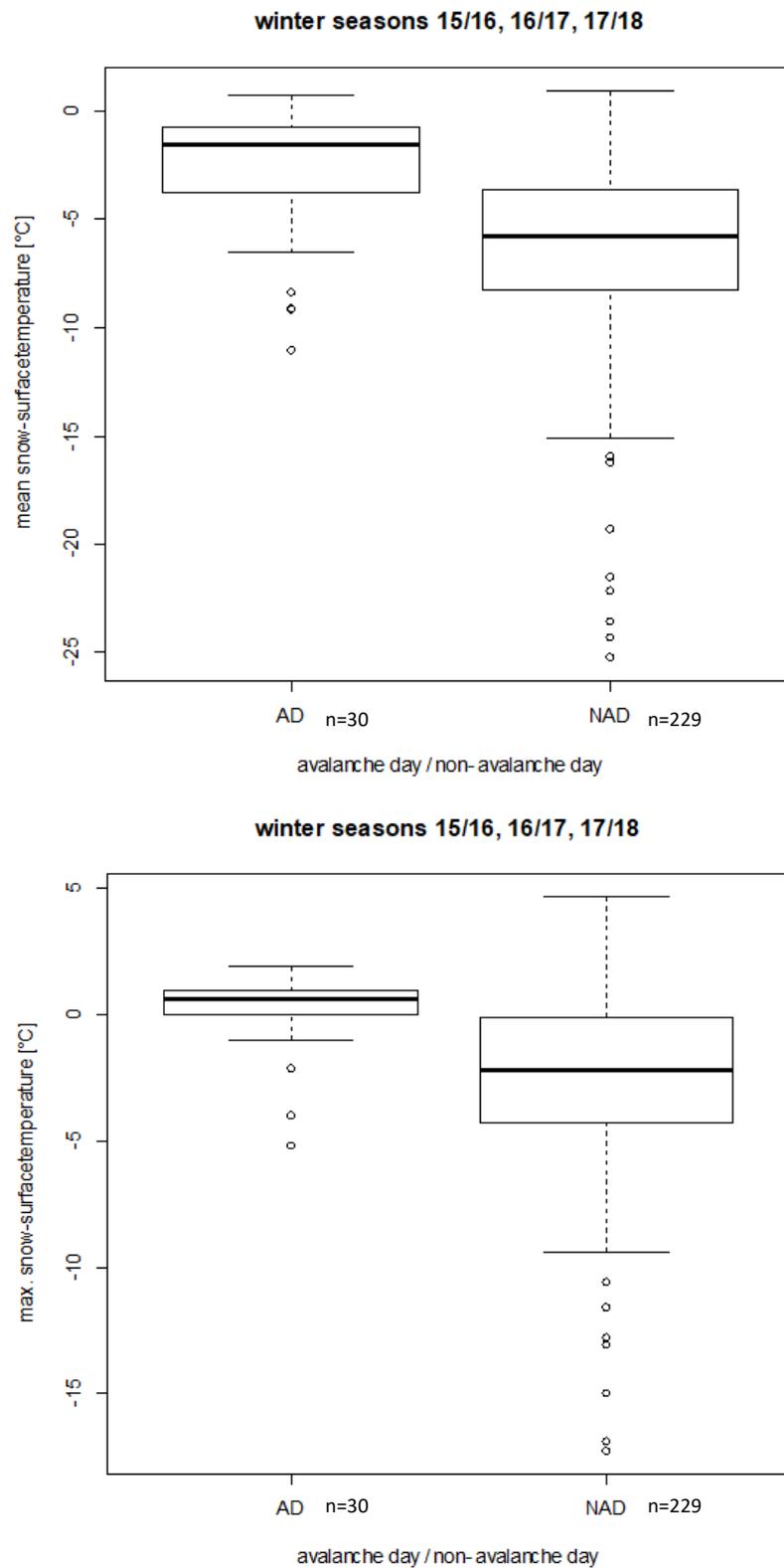


Abbildung 5.2: Boxplots: Verteilungen der Schneeoberflächentemperatur

Interpretation

Schon auf den ersten Blick kann man erkennen, dass sich sowohl die Luft-, als auch die Schneoberflächentemperaturen an avalanche days, deutlich von jenen an non-avalanche days unterscheiden. Die Boxplots zeigen, dass Gletschneelawinen überwiegend an Tagen mit maximaler Luft- und auch Schneoberflächentemperatur von über 0°C ausgelöst wurden. Wie schon vorher beschrieben, dürften die tatsächlichen Schneoberflächentemperaturen etwas höher sein als die obigen, von der Wetterstation aufgezeichneten. Grund dafür ist die geographische und morphologische Lage der Wetterstation (siehe Kapitel 3.3 Wetterdaten). Allerdings zeigen uns die Plots (Abb. 5.1 und 5.2) auch, dass hohe Temperaturen auch an non-avalanche days auftreten. Das bedeutet, wenn man nur die Temperatur als Vorhersageparameter für Gletschneeeabgänge heranzieht, dies keine hinreichende Bedingung darstellt.

5.1.3 5-Tages Neuschneesumme für alle 5 Wintersaisons

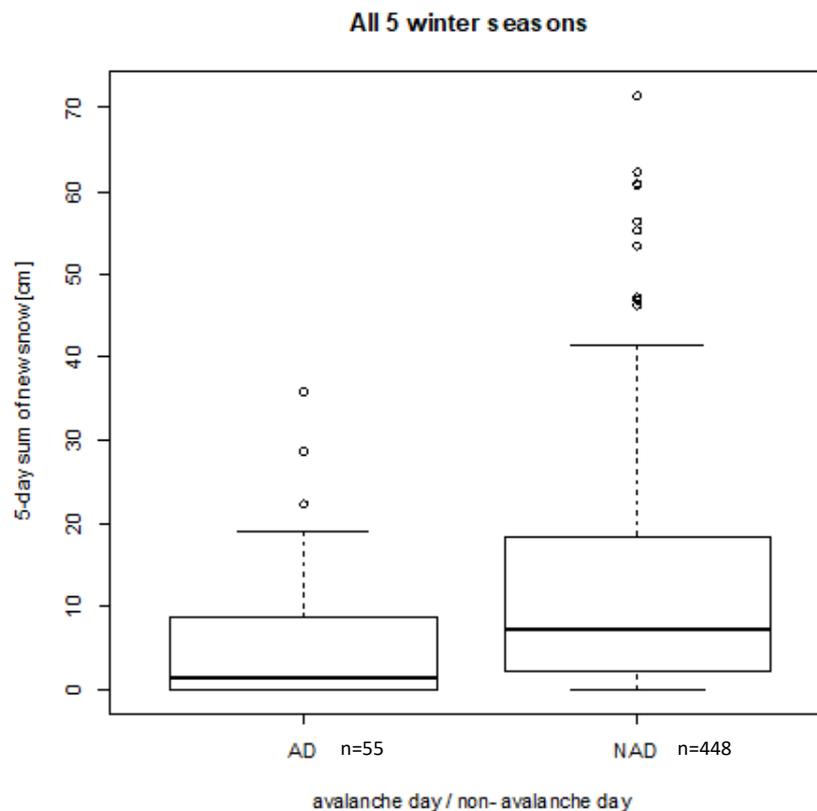


Abbildung 5.3: Boxplot: Verteilung der 5-Tages Neuschneesumme

Interpretation

Vom obigen Plot (Abb. 5.3) lässt sich ablesen, dass bei unseren Beobachtungen die Neuschneesumme statistisch gesehen keinen großen Einfluss auf das Abgehen von Gletschneelawinen hat. So hat es im Schnitt vor avalanche days weniger geschneit als vor non-avalanche days. In den Interpretationen der Diagramme (Kapitel 4.1-4.5) war zwar des Öfteren von Abgängen nach Niederschlagsereignissen die Rede, oft hat es sich dabei aber um Regen gehandelt, welcher in der 5-Tages Neuschneesumme natürlich nicht aufschiebt. Außerdem werden Schneefälle, die mehr als fünf Tage vor dem Ereignis stattgefunden haben, in dieser Statistik auch nicht berücksichtigt.

5.1.4 Täglicher Median des flüssigen Wasseranteils (volumetrisch) in der Schneedecke für die Winter 15/16, 16/17, 17/18

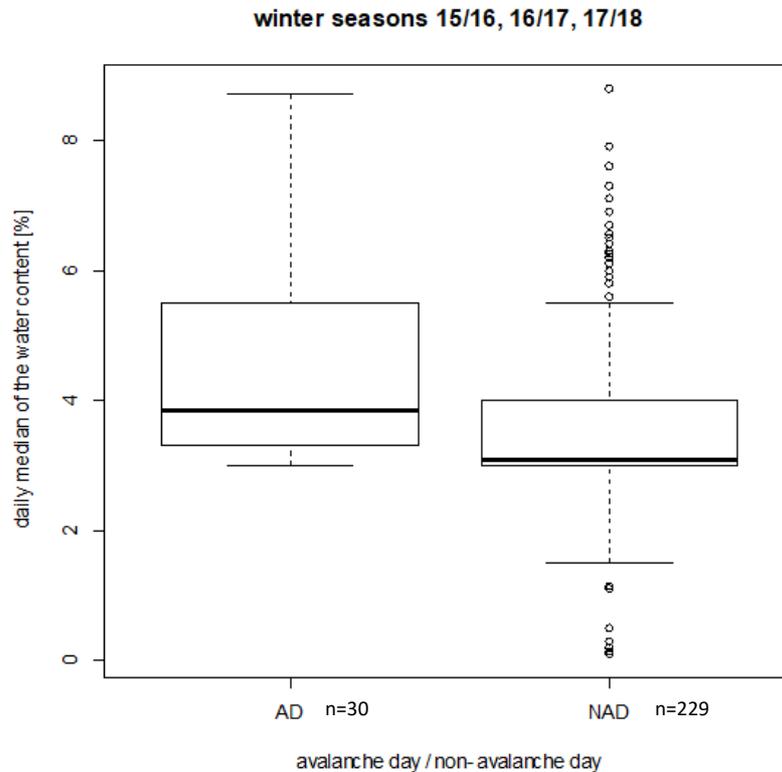


Abbildung 5.4: Boxplot: Verteilung des vol. Wasseranteils in der Schneedecke

Interpretation

Anmerkung: Wie schon erwähnt müssen die Werte des Wasseranteils eher als qualitativ angesehen werden (siehe Kapitel 3.3 Wetterdaten). Dies ist auch der Grund, warum bei diesem Parameter der tägliche Median als Stichprobenwert herangezogen wurde. Der Median wurde hier gewählt, da dieser einen robusten Mittelwert darstellt und nicht so anfällig auf einzelne Fehlerwerte in der Messreihe reagiert.

Der Wasseranteil an avalanche days ist statistisch gesehen höher als jener an non-avalanche days. Der Plot (Abb. 5.4) passt also mit der Modellvorstellung zusammen, dass es beim Schneegleiten in der Grenzschicht zwischen Schnee und Boden feucht wird und es so zu einem Reibungsverlust kommt. Wie bei den Temperaturen ist es jedoch auch hier so, dass es auch an Tagen mit hohem Wasseranteil in der Schnee - Boden - Grenzschicht zu keinen Gleitschneeereignissen kommt und daher auch dieser Parameter keine hinreichende Bedingung für das vorhersagen von Gleitschneelawinen darstellt.

5.2 Tageszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge

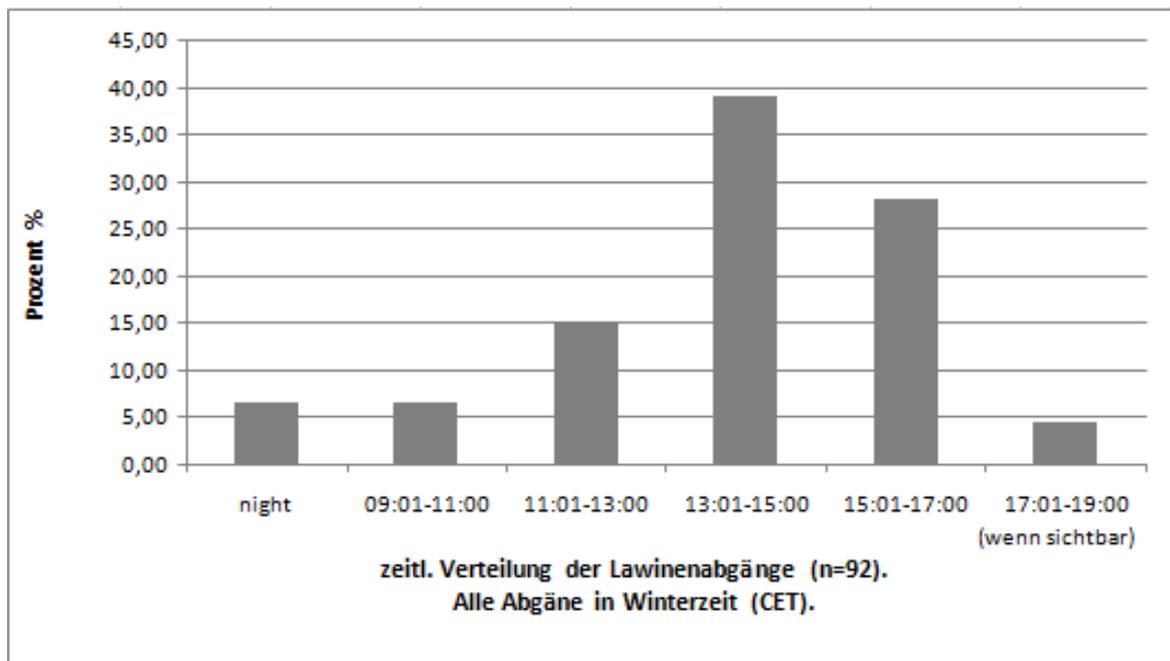


Abbildung 5.5: Tageszeitliche Verteilung der Gleitschneeereignisse

Interpretation:

Die Tageszeitliche Verteilung der Events stellt durchaus eine besondere Beobachtung dar, zumal die Verteilung der insgesamt 92 beobachteten Gleitschneeereignisse nahezu einer perfekten Glockenkurve ähnelt und das in dieser Form noch kaum in anderen Studien beobachtet werden konnte. Die meisten Abgänge passieren am frühen Nachmittag, also in etwa zu jener Zeit, zu der auch der Energieeintrag der Sonne auf die Schneeoberfläche am größten ist. Hier lässt sich also ein Zusammenhang vermuten, welcher zum Beispiel mit der Produktion von Schmelzwasser durch die Sonneneinstrahlung erklärt werden kann. Daraus kann man auch ablesen, dass Gleitvorgänge sehr rasch auf gewisse, sich ändernde meteorologische Bedingungen reagieren.

5.3 Jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge

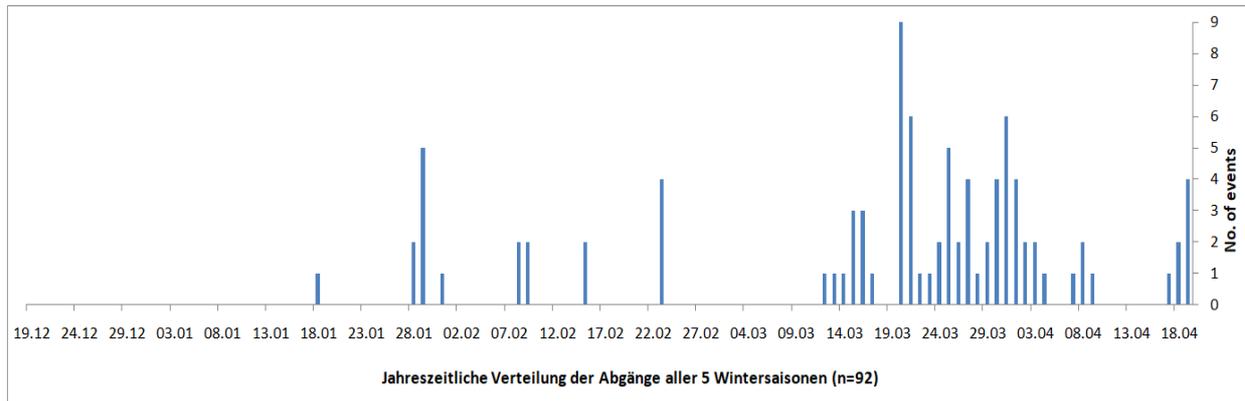


Abbildung 5.6: Jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeereignisse

Interpretation

Bei dieser Grafik wurden die Gleitschneeabgänge aller fünf beobachteten Wintersaisonen mit einer festen Datumsachse übereinandergelegt, um so einen Überblick über die jahreszeitliche Verteilung der Abgänge zu bekommen. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Beobachtungszeiträume, wie schon erwähnt, nicht immer am selben Datum starteten und auch nicht aufhörten. So wurde die Kamera im Winter 2016/17 erst am 07.02.2017 und im Winter 2017/18 erst am 19.01.2018 eingeschaltet. Da aber im Dezember und Jänner generell kaum Abgänge beobachtet wurden, hat es auf diese Grafik nicht einen all zu großen Einfluss.

Aus der Verteilung ist zu erkennen, dass es in der Winter-Mitte meist nur vereinzelt zu Gleitschneeereignissen gekommen ist und wenn es in diesem Zeitraum zu Abgängen kommt, es meistens mehrere pro Tag sind, dies also Tage mit besonderen meteorologischen Umständen sein müssen. Der Großteil der Events ereignet sich klar ersichtlich am Ende des Winters bzw. noch mehr im Frühling. Hier ist wieder der stark ausgeprägte Zusammenhang zwischen Gleitschneeaktivität und steigender Lufttemperatur bzw. Sonneneinstrahlung ersichtlich.

6 Diskussion und Ausblick

Durch die Analysen und Auswertungen der Daten wurde gezeigt, dass bei den meisten Gleitschneeabgängen in unserem Beobachtungsfeld eine tägliche maximale Lufttemperatur um die 0°C oder mehr gemessen wurde (siehe Boxplots Abb. 5.1) und dass sich statistisch die Temperaturen an avalanche days klar von jenen an non-avalanche days unterscheiden. Exakt war an 85,5% der beobachteten avalanche days die gemessene, tägliche, maximale Lufttemperatur größer gleich 0°C. Ähnlich sieht das Ergebnis auch bei der gemessenen Schneeoberflächentemperatur aus, auch hier zeigen die Boxplots (Abb. 5.2) eine starke Differenz zwischen den Temperaturverteilungen an avalanche days und non-avalanche days.

Vergleicht man die Boxplots dieser Arbeit mit jenen von Dreier et al. (2016), sind starke Ähnlichkeiten zu erkennen. In beiden Studien ist die durchschnittliche maximale Luft- und Schneeoberflächentemperatur an avalanche days signifikant höher als an non-avalanche days. Im Gegensatz zu Dreier et al. (2016), wurde in dieser Arbeit nicht zwischen warmen und kalten Gleitschneelawinen unterschieden. Grund dafür ist, dass bei unseren Beobachtungen nur wenige kalten Events identifiziert werden konnten. Bei Dreier et al. (2016) wurde die Wintersaison zweigeteilt, in eine Periode im Hochwinter, in der alle Gleitschneeereignisse zu kalten Gleitschneelawinen gezählt wurden und eine Periode im Spätwinter / Frühling, in der alle Abgänge zu warmen Gleitschneelawinen gezählt wurden. Diese Unterscheidung haben wir in dieser Arbeit nicht als sinnvoll erachtet, da in unserem Beobachtungsfeld, auch bei den meisten Gleitschneeabgängen im Hochwinter eine warme Wetterphase bzw. ein Temperaturanstieg vorangegangen ist. Dies dürfte natürlich auch mit den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen des Beobachtungsfeldes von Dreier et al. (2016), am Dorfberg in Davos, Schweiz (1700 - 2400 m) und unserem Beobachtungsfeld auf der Planneralm in der Steiermark (1600 - 2100 m), zusammenhängen. Allerdings hängt diese Unterscheidung zwischen warmen und kalten Gleitschneelawinen auch stark davon ab, wie man diese genau definiert. So können einige, in unserem Beobachtungsfeld, im Hochwinter abgegangene Gleitschneelawinen laut der Definition von Mitterer und Schweizer (2013) nur schwer exakt zu einer Type zugeordnet werden. Vielmehr handelt es sich oft um eine Mischform der beiden Typen (siehe dazu auch Kapitel 2.4)

Auch bei den Boxplots des flüssigen Wasseranteils (Abb. 5.4) sind die Werte an avalanche days höher als jene an non-avalanche days. Diese Plots bestätigen auch die in der Literaturanalyse beschriebene Notwendigkeit einer feuchten Schnee - Boden - Grenzschicht für Gleitschneelawinen.

Der bei Dreier et al. (2016) entdeckte Zusammenhang zwischen 5-Tages Neuschneesumme und erhöhter Gleitschneeaktivität konnte bei dieser Arbeit nicht beobachtet werden. So hat es bei unseren Beobachtungen durchschnittlich vor avalanche days weniger geschneit als vor non-avalanche days (Abb. 5.3). Allerdings wurde dieser Zusammenhang bei Dreier et al. (2016) für die 'cold events' (kalte Gleitschneelawinen) beobachtet, kann also mit unseren Erkenntnissen nicht ganz verglichen werden, da bei uns, wie schon oben erwähnt, nicht zwischen cold- und warm events unterschieden wurde. Sehr wohl aber konnte bei unseren Analysen der Einfluss von Regenereignissen auf die Gleitschneeaktivität beobachtet werden.

Die tageszeitliche Verteilung der beobachteten Gleitschneeabgänge zeigt ein klares Maximum der Auslösewahrscheinlichkeit am frühen Nachmittag, was zeitlich gesehen in etwa mit dem maximalen Energieeintrag der Sonne auf die Schneeoberfläche zusammenfällt. Diese Beobachtung stimmt mit jener von Feick et al. (2012) zusammen, welcher ebenfalls eine erhöhte Auslösewahrscheinlichkeit zur Mittags- bzw. Nachmittagszeit herausfand. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass wie bei der Beziehung zwischen täglicher maximaler Lufttemperatur und Gleitschneeabgängen, welche auf einer Zeitskala von einzelnen Tagen basiert, die Beziehung zwischen Energieeintrag der Sonne und Gleitschneeabgängen auf einer Zeitskala von einzelnen Stunden basiert und somit eine sehr schnelle Reaktionszeit von Gleitaktivität auf sich ändernde meteorologische Verhältnisse vermuten lässt.

Im Hinblick auf die jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge lässt sich in dieser Arbeit eine, in allen fünf untersuchten Wintern feststellbare Periode im Spätwinter / Frühling, mit besonders hoher Gleitschneeaktivität beobachten. Diese Periode beginnt meist Mitte bis Ende März mit dem ersten markanten Temperaturanstieg und erstreckt sich meist bis hin zum Abschmelzen der geschlossenen Schneedecke. Dies geht meist auch mit einem Anstieg des gemessenen flüssigen Wasseranteils in der Grenzschicht zwischen Schnee und Boden einher und lässt sich wohl auf die Bildung von Schmelzwasser an der Schneeoberfläche zurückführen. Diese jahreszeitlich konzentrierte Häufung von Gleitschneeabgängen kann man auch sehr gut dem Diagramm mit der jahreszeitlichen Verteilung der Gleitschneeereignisse (Abb. 5.6) entnehmen. Dieses verstärkte Auftreten von Gleitschneelawinen im Frühjahr konnte, wie schon eingangs erwähnt, bereits von McClung et al. (1994), Clarke und McClung (1999) und Höller (2001) beobachtet werden.

Mit den vorliegenden Untersuchungen konnten wir zeigen, dass für die meisten Gleitschneeabgänge in unserem Beobachtungsfeld eine tägliche maximale Lufttemperatur um die 0°C oder höher erreicht werden musste. Dies ist jedoch keine hinreichende Bedingung für das Vorhersagen von Gleitschneeereignissen, denn es sind immer noch die meisten "warmen" Tage im Winter, an denen keine Gleitschneelawinen abgehen. Würde also eine solche Bedingung von Lawinenwarndiensten für die Vorhersage von Gleitschneelawinen herangezogen, würde dies zu einer Reihe von falschen Alarmen führen. Das Selbe gilt auch für die anderen beobachteten Parameter, wie der Schneeoberflächentemperatur und des flüssigen Wasseranteils in der Schnee - Boden - Grenzschicht. So konnte zwar bei den allermeisten beobachteten Gleitschneeabgängen ein erhöhter Wasseranteil gemessen werden und kann daher als Voraussetzung für das Schneegleiten betrachtet werden, dennoch ist es etwa im Frühjahr oft so, dass die Schneedecke schon gänzlich durchnässt ist, der gemessene Wasseranteil also permanent hoch ist, es aber trotzdem nicht an jedem Tag zu einem Gleitschneeabgang kommt.

Unsere analysierten Parameter sind also gute Indikatoren dafür, dass ein Gleitschneeabgang möglich bzw. wahrscheinlich ist, dennoch heißt es nicht zwingend, dass ein solcher bevorsteht. Beim Schneegleiten handelt es sich um eine sehr komplexe Thematik mit einer Vielzahl von Einflussfaktoren. Es bleibt also sehr schwierig, diese Abgänge mit Sicherheit vorauszusagen. Die zuverlässigste Vorhersage bleibt wohl bis auf weiteres eine, in der man verschiedene Messdaten mit Expertenwissen und vor allem Ortskenntnissen verknüpft. Denn auch unsere Studie hat, wie schon andere Untersuchungen zu diesem Thema (in der Gand und Zupančič, 1966; Lackinger, 1990, 1988) gezeigt, dass sich Gleitschneeabgänge oft an den selben Hängen bzw. Plätzen ereignen.

Da es also sehr schwierig ist, die Vorhersage von Gleitschneelawinen auf verschiedene gemessene Parameter zu reduzieren, habe ich versucht die beobachteten Gleitschneeabgänge genauer zu betrachten und somit Gemeinsamkeiten zwischen den Abgängen ausfindig zu machen. Vor allem habe ich dabei das Augenmerk auf die herrschenden meteorologischen Bedingungen vor den Abgängen gelegt.

Aufgefallen ist mir dabei, dass es oft in den Tagen bzw. in der Woche vor Gleitschneeabgängen zu Schlechtwettereinbrüchen mit Schneefall kommt, es anschließend zu einem Hochdruckeinfluss kommt, es also schöner und wärmer wird und die Temperaturen meist über den Gefrierpunkt steigen und dass es genau an diesen Tagen dann eben oftmals zu Gleitschneeabgängen kommt.

Eine weitere Situation, die des Öfteren beobachtet werden konnte, welche aber nicht unbedingt eine neue Erkenntnis darstellt, ist ein Regeneintrag in die Schneedecke am Tag bzw. am Vortag des Gleitschneeereignisses.

Dann gibt es noch die schon oben erwähnte klassische Situation im Spätwinter / Frühjahr. Im Beobachtungsfeld hat es oft Mitte März noch einmal ergiebig geschneit und im Anschluss daran ist es dann zu einem generellen Temperaturanstieg über mehrere Tage / Wochen hinweg gekommen. In dieser Periode konnte dann meist eine ganze Reihe von Gleitschneeereignissen beobachtet werden. Prädestiniert für Gleitschneelawinen im Beobachtungsfeld war auch die Situation, wenn es im Frühjahr auf die bereits apere, warme und durch die vorangegangene Schneeschmelze oft auch noch feuchte Bodenoberfläche noch einmal ergiebig geschneit hat.

Aufbauend auf diese Arbeit wird es in Zukunft das Ziel sein, mit Hilfe von weiteren statistischen Analysen (multivariate analysis mit random forests, ROC curves) die "predictive skills", also die Eignung zur Vorhersage, der in dieser Arbeit analysierten meteorologischen- und Schneedeckenparameter, zu untersuchen.

Um die Vorhersagefähigkeit von Gleitschneelawinen weiter zu verbessern wird es außerdem nötig sein, weitere, zuverlässige Vorhersagevariablen zu finden. Neben meteorologischen- und Schneedeckenparametern, könnten auch Variablen die die Bodenfeuchte widerspiegeln, zu guten Ergebnissen führen. Das finale Ziel wäre es, zuverlässige Schätzfunktionen zu entwickeln, die von Lawinenwarndiensten und anderen Verantwortungsträgern für die Vorhersage und Abschätzung von Gleitschneeabgängen verwendet werden könnten.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, meteorologische, sowie schneedeckenbasierende Auslösefaktoren für Gleitschneelawinen zu identifizieren. Zunächst wurde mit einer umfassenden Literaturanalyse der derzeitige Stand der Wissenschaft zu diesem Thema dargelegt. Außerdem wurden einige von mir und auch von anderen beobachtete Praxisbeispiele beschrieben, um ein besseres Verständnis für dieses komplexe Thema zu bekommen.

Das Herzstück dieser Arbeit stellte die Auswertung von den Daten unseres eigenen Beobachtungsfeldes auf der Planneralm, einem Skigebiet in der Steiermark, dar. Die Daten bestehen aus Bildern einer dort installierten Panoramakamera, welche im 30 Minuten Takt Fotos von Hängen mit hoher Gleitschneeaktivität aufgenommen hat. Diese Bilder wurden für fünf Wintersaisons nach Gleitschneeereignissen durchsucht und es konnten so insgesamt 92 Gleitschneeabgänge detektiert werden.

Auf der Planneralm gibt es des Weiteren eine Reihe von Wetterstationen und Sensoren innerhalb der Schneedecke. So konnten in weitere Folge die detektierten Gleitschneeabgänge mit verschiedenen Wetter- und Schneedeckendaten, zunächst in einfachen Balken- und Liniendiagramme, übereinandergelegt werden. So konnten bereits erste Zusammenhänge zwischen bestimmten meteorologischen Bedingungen und erhöhter Gleitschneeaktivität festgestellt werden. Die zur Datenanalyse herangezogenen Stationsdaten waren dabei die Lufttemperatur, die Schneeoberflächentemperatur, die fünf Tages Neuschneesumme und der volumetrische, flüssige Wasseranteil in der Schneedecke.

Anschließend wurde mit Boxplots versucht, die statistischen Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Gleitschneelawinen und verschiedenen meteorologischen- und Schneedeckenparametern noch genauer darzustellen. Dafür wurden zunächst jedem Tag im Beobachtungszeitraum das Attribut "avalanche day" (Tag, an dem mindestens eine Gleitschneelawine beobachtet wurde) oder "non avalanche day" (Tag ohne beobachtete Gleitschneelawine) zugeordnet. So konnten anschließend Boxplots erstellt werden, in denen Verteilungen verschiedener Parameter (z.B. maximale Lufttemperatur an einem Tag), getrennt nach avalanche days und non avalanche days geplottet wurden. Auf diese Weise kann man sehr gut erkennen, ob ein bestimmter Parameter, an Tagen mit Gleitschneelawinen eine andere Verteilung aufweist, als an Tagen ohne Gleitschneelawinen.

Die Analysen und Ergebnisse zeigen, dass es übereinstimmend mit vorangegangenen Studien zu diesem Thema, einen signifikanten Zusammenhang zwischen der täglichen maximalen Lufttemperatur und den Gleitschneeabgängen gibt. Bei den meisten Gleitschneeabgängen in unserem Beobachtungsfeld wurde eine tägliche maximale Lufttemperatur größer gleich 0°C gemessen (exakt waren es 85,5%). Statistisch gesehen unterscheidet sich also die Lufttemperatur an avalanche days klar von jener an non-avalanche days. Ähnlich sieht das Ergebnis auch bei der gemessenen Schneeoberflächentemperatur aus, auch hier zeigen die Boxplots eine starke Differenz zwischen den Temperaturverteilungen an avalanche days und non-avalanche days.

Interessant war auch die Analyse der tageszeitlichen Verteilung der beobachteten Gleitschneeabgänge. Diese zeigt ein klares Maximum der Auslösewahrscheinlichkeit am frühen Nachmittag, was zeitlich gesehen in etwa mit dem maximalen Energieeintrag der Sonne auf die Schneeoberfläche zusammenfällt. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass wie die Beziehung zwischen täglicher maximaler Lufttemperatur und Gleitschneeabgängen, welche auf einer Zeitskala von einzelnen Tagen basiert, die Beziehung zwischen Energieeintrag der Sonne und Gleitschneeabgängen auf einer Zeitskala von einzelnen Stunden basiert und somit eine sehr schnelle Reaktionszeit von Gleitaktivität auf sich ändernde meteorologische Verhältnisse vermuten lässt.

Des Weiteren wurde noch die Jahreszeitliche Verteilung der Gleitschneeabgänge analysiert. Hier konnte eine Häufung der Ereignisse im Spätwinter bzw. im Frühling festgestellt werden.

Außerdem wurden die beobachteten Gleitschneeereignisse hinsichtlich der meteorologischen Bedingungen vor dem Abgang genauer betrachtet und es wurde so versucht, Gemeinsamkeiten zwischen den Abgängen ausfindig zu machen.

Mit den vorliegenden Untersuchungen konnten wir also zeigen, dass für die meisten Gleitschneeabgänge in unserem Beobachtungsfeld eine tägliche maximale Lufttemperatur um die 0°C oder höher erreicht werden musste. Auch die gemessene Schneeoberflächentemperatur und der flüssige Wasseranteil waren an Tagen mit Gleitschneeabgängen meist erhöht. Unsere analysierten Parameter sind also gute Indikatoren dafür, dass ein Gleitschneeabgang möglich bzw. wahrscheinlich ist. Allerdings kann man aus diesen Erkenntnissen noch keine hinreichenden Bedingungen für das Vorhersagen von Gleitschneeereignissen aufstellen, denn es sind immer noch die meisten "warmen" Tage im Winter, an denen keine Gleitschneelawinen abgehen. Eine solche Bedingung würde also zu einer Reihe von falschen Alarmen führen.

Es sind also noch weitere Arbeiten und Erkenntnisse nötig, um dieses komplexe Thema endgültig zu entschlüsseln, um schließlich unser finale Ziel zu erreichen, nämlich zuverlässige Schätzfunktionen für das Vorhersagen von Gleitschneelawinen zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

- Clarke, J.A.; McClung, D. (1999): Full-depth avalanche occurrences caused by snow gliding. Coquihalla, B.C., Canada, *Journal of Glaciology*, 45(151), S. 539-546.
- Dreier, L. et. al. (2016): Relating meteorological parameters to glide-snow avalanche activity. *Cold Regions Science and Technology* 128, S. 57-68.
- Eberl, A. et. al. (2018): Investigations on glide-snow avalanches. In: *International Snow Science Workshop Proceedings 2018*, Innsbruck, AUT, S. 920.
- Feick, S. et. al. (2012): Automated detection and mapping of glide-snow events using satellite based optical remote sensing and terrestrial photography. In: *International Snow Science Workshop Proceedings 2012*, Anchorage AK, U.S.A., 16-21 September 2012, S. 603- 609.
- Hopf, J. (2000): Schneekunde. In: *Lawinenhandbuch*, Innsbruck-Wien: Tyrolia-Verlag, S. 74-79.
- Höller, P. (2001): Snow gliding and avalanches in a south-facing larch stand, in *Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer Schemes and Large-Scale Hydrological Models*, Maastricht, Netherlands, S. 355-358.
- in der Gand, H. R. (1954): Beitrag zum Problem des Gleitens der Schneedecke auf dem Untergrund, *Winterbericht Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung 1952/53*, (17), S: 103-117.
- in der Gand, H. R.; Zupaničič, M. (1966): Snow gliding an avalanches. *Int. Sympos. "Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches" 1965*, Davos, (69), S. 230-242.
- Lackinger, B.(1987): Stability and fracture of the snow pack for glide avalanches. In: B. Salm and H. Gubler (Editors), *Symposium at Davos 1986 - Avalanche Formation, Movement and Effects*, IAHS Publ., 162. IAHS, Wallingford, Oxfordshire, U.K., S. 229-241.
- Lackinger, B. (1988): Zum Problem der Gleitschneelawine. In: *Tagungspublikation*, Bd. 3, Graz, S. 205-226.
- Lackinger, B. (1990): Über die Stabilität der gleitenden Schneedecke und die Bruchmechanik der Gleitschnee-Lawine. *Habilitationsschrift*, Universität Innsbruck, Institut für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau.
- LWD Steiermark (2011): *Saisonbericht des Lawinenwarndienstes Steiermark. Schnee und Lawinen Steiermark 2009/10.*
- LWD Steiermark (2011): *Saisonbericht des Lawinenwarndienstes Steiermark. Schnee und Lawinen Steiermark 2010/11.*
- LWD Steiermark (2017): *Saisonbericht des Lawinenwarndienstes Steiermark. Schnee und Lawinen Steiermark 2015/16.*
- LWD Steiermark (2017): *Saisonbericht des Lawinenwarndienstes Steiermark. Schnee und Lawinen Steiermark 2016/17.*

- LWD Steiermark (2018): Saisonbericht des Lawinenwarndienstes Steiermark. Schnee und Lawinen Steiermark 2017/18.
- McClung, D. (1980): Creep and glide processes in mountain snowpacks. National Hydrology Research Institute, Ottawa.
- McClung, D.; Clarke, G. (1987): The effects of free water on snow gliding. Journal of Geophysical Research, 92(B7), S. 6301-6309.
- McClung, D. et.al. (1994): Characteristics of snow gliding on rock. Annals of Glaciology, 19, S. 97-103.
- McClung, D.; Schaerer, P. (2006): The avalanche handbook. 3. Auflage, The Mountaineers Book, Seattle.
- Mitterer, C.; Schweizer, J. (2012): Full depth avalanche formation. International Snow Science Workshop Proceedings 2012, Anchorage, Alaska.
- Mitterer, C.; Schweizer, J. (2013): Attacke der Fischmäuler?! In: Bergundsteigen 4/13, S. 43-49.
- Newesely, C. et.al. (2000): Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. Basic and Applied Ecology, 1, S. 61-67.
- Peitzsch, E. et. al. (2015): Terrain parameters of glide snow avalanches and a simple spatial glide snow avalanche model. Cold Regions Science and Technology 120, S. 237-250.
- SLF et. al. (2016): Achtung Lawine!
- SLF: Lawinenarten. <https://www.slf.ch/de/lawinen/lawinenkunde-und-praevention/lawinenarten.html> (26.04.2018).

Anhang

Im Anhang möchte ich noch die Tabellen auflisten, mit deren Hilfe ich die detektierten Gleitschneeabgänge vermerkt habe und in die auch die verschiedenen meteorologischen Parameter, für die jeweiligen Tage, eingetragen wurden. Es wurde dabei für jede Wintersaison eine Tabelle angefertigt. Diese Tabellen stellten die Grundlage für die spätere Datenauswertung dar.

Erklärung der Spaltenbeschriftungen (Abkürzungen):

- **Abgänge-Pan1/2:** Anzahl der beobachteten Gleitschneeabgänge bei der jeweiligen Kameraeinstellung pro Tag. In den Wintern 2009/10 und 2010/11, gab es zwei Kameraeinstellungen für die beobachtete Geländekammer, in den restlichen Wintern gab es eine Einstellung (Perspektive).
- **Uhrzeit1/2/3/..:** Uhrzeit der beobachteten Abgänge. Anm.: Bei einem Abgang in der Nacht wurde die Uhrzeit 07:00 Uhr eingetragen.
- **AD/NAD:** Hier wurde die Attribute 'avalanche day' bzw. 'non-avalanche day' vergeben.
- **T_{AM}:** Tagesmittel der Lufttemperatur
- **T_{AMax}:** Tageshöchstwert der Lufttemperatur
- **T_{AMin}:** Tagestiefstwert der Lufttemperatur
- **T_{SSM}:** Tagesmittel der Schneeoberflächentemperatur
- **T_{SSMax}:** Tageshöchstwert der Schneeoberflächentemperatur
- **T_{SSMin}:** Tagestiefstwert der Schneeoberflächentemperatur
- **Med. WG:** Median des flüssigen Wasseranteils in der Schneedecke
- **Dif. HS24:** Differenz der Gesamtschneehöhe zum vorangegangenen Tag (dabei wurde jeweils die Schneehöhe um 07:00 Uhr herangezogen).
- **5 DS:** 5-Tages Neuschneesumme

Winter 2009/10

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Summe Abgänge	AD / MAD	TAM [°C]	TAMax [°C]	TAMin [°C]	Diff.HS24 [cm]	SDS [cm]
19.12.2009							0 NAD	-17,34	-16,1	-18,9		
20.12.2009							0 NAD	-17,57	-9	-21,7		9
21.12.2009							0 NAD	-8,67	-6	-10,6		-2
22.12.2009							0 NAD	-1,28	2,7	-5,6		-2
23.12.2009							0 NAD	-0,78	1,6	-3,8		-7
24.12.2009							0 NAD	1,76	3,8	-0,4		-2
25.12.2009							0 NAD	-0,48	4,5	-7,6		-10
26.12.2009							0 NAD	-8,33	-6,4	-9,8		10
27.12.2009							0 NAD	-7,94	-5,5	-8,9		-2
28.12.2009							0 NAD	-7,67	-6	-8,7		-2
29.12.2009							0 NAD	-2,40	2,2	-6,9		0
30.12.2009							0 NAD	0,72	2,3	-1,8		-1
31.12.2009							0 NAD	-1,63	0,8	-2,9		0
01.01.2010							0 NAD	-3,66	-2,3	-5		-1
02.01.2010							0 NAD	-11,11	-4,7	-15,2		6
03.01.2010							0 NAD	-14,70	-13,5	-15,7		3
04.01.2010							0 NAD	-11,20	-9	-13,6		-3
05.01.2010							0 NAD	-7,54	-5,2	-9,2		0
06.01.2010							0 NAD	-7,14	-5,3	-8,1		-1
07.01.2010							0 NAD	-9,05	-7,7	-10,1		1
08.01.2010							0 NAD	-5,94	-1,8	-9,7		3
09.01.2010							0 NAD	-3,55	-1,9	-5,5		-2
10.01.2010							0 NAD	-7,12	-4,1	-11,1		3
11.01.2010							0 NAD	-8,04	-6,9	-9		-1
12.01.2010							0 NAD	-8,29	-5,4	-10,3		0
13.01.2010							0 NAD	-8,11	-6,5	-9,9		1
14.01.2010							0 NAD	-5,87	-4	-6,8		-1
15.01.2010							0 NAD	-6,18	-3,9	-7,1		0
16.01.2010							0 NAD	-4,75	-3,3	-6,7		0
17.01.2010							0 NAD	-4,16	-2,2	-6,7		0
18.01.2010							0 NAD	-7,89	-7,1	-8,7		9
19.01.2010							0 NAD	-8,55	-6,5	-9,7		12
20.01.2010							0 NAD	-7,61	-0,2	-9,7		-4
21.01.2010							0 NAD	-9,28	-8,7	-9,9		-2
22.01.2010							0 NAD	-9,30	-8,6	-9,8		2
23.01.2010							0 NAD	-6,81	-4,6	-9,3		-2
24.01.2010							0 NAD	-4,39	-3,4	-5,5		-2
25.01.2010							0 NAD	-5,46	-3,5	-8,2		-1
26.01.2010							0 NAD	-9,80	-8	-13		-1
27.01.2010							0 NAD	-12,69	-7,8	-14,9		3

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Summe Abgänge	AD / NAD	TAM [°C]	TAMax [°C]	TAMin [°C]	Dif.HS24 [cm]	SDS [cm]
28.01.2010							0 NAD	-11,20	-9,6	-12,3	4	7
29.01.2010							0 NAD	-11,34	-9,9	-12,3	3	10
30.01.2010							0 NAD	-10,93	-7,6	-14,1	-1	10
31.01.2010							0 NAD	-14,96	-14,1	-16,4	12	22
01.02.2010							0 NAD	-14,74	-12,3	-15,9	2	21
02.02.2010							0 NAD	-12,92	-10,2	-14,4	-7	17
03.02.2010							0 NAD	-6,15	-5,1	-10	5	19
04.02.2010							0 NAD	-2,13	2,6	-6,1	16	35
05.02.2010							0 NAD	-2,65	1,9	-4,3	-5	23
06.02.2010							0 NAD	-5,83	-4	-7,8	1	22
07.02.2010							0 NAD	-9,43	-7,9	-11,1	6	28
08.02.2010							0 NAD	-8,96	-2,2	-11,5	0	23
09.02.2010							0 NAD	-5,50	-3,4	-7,9	-3	7
10.02.2010							0 NAD	-9,55	-6,7	-14,8	-3	7
11.02.2010							0 NAD	-13,09	-10,4	-15,7	28	34
12.02.2010							0 NAD	-11,37	-5,2	-13,8	-6	28
13.02.2010							0 NAD	-11,42	-6,4	-14,1	-5	28
14.02.2010							0 NAD	-9,33	-7,2	-10,9	-3	28
15.02.2010							0 NAD	-9,58	-6,4	-11,6	-5	28
16.02.2010							0 NAD	-7,57	-6	-8,4	-2	0
17.02.2010							0 NAD	-2,04	2,6	-7,1	-4	0
18.02.2010							0 NAD	-0,05	2,4	-2,5	0	0
19.02.2010							0 NAD	-1,69	-0,3	-4,6	-3	0
20.02.2010							0 NAD	-9,40	-5,1	-11,2	-1	0
21.02.2010							0 NAD	-9,44	-6,5	-11,4	14	14
22.02.2010							0 NAD	-4,48	-2	-7,7	-3	14
23.02.2010							0 NAD	-0,48	2,4	-4,3	-7	14
24.02.2010							0 NAD	-1,84	-0,1	-3,2	2	16
25.02.2010							0 NAD	-2,59	-1,2	-4,1	-9	16
26.02.2010							0 NAD	-3,50	-1	-7,2	4	6
27.02.2010							0 NAD	-5,93	-1,7	-9,2	8	14
28.02.2010							0 NAD	-0,83	2	-3,6	-3	14
01.03.2010							0 NAD	-3,19	-1,1	-4,7	-3	12
02.03.2010							0 NAD	-4,95	-3,6	-6,9	-7	12
03.03.2010							0 NAD	-7,14	-4,7	-9,8	5	13
04.03.2010							0 NAD	-7,73	-5,2	-10,9	7	12
05.03.2010							0 NAD	-14,73	-10,9	-17	2	14
06.03.2010							0 NAD	-14,04	-10,9	-16,7	-2	14
07.03.2010							0 NAD	-12,70	-5,5	-17,5	2	16
08.03.2010							0 NAD	-16,24	-10,2	-19	-2	11
09.03.2010							0 NAD	-15,72	-13,4	-18,6	0	4

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Summe Abgänge	AD / NAD	TAM [°C]	TAMax [°C]	TAMin [°C]	D.f.HS24 [cm]	SDS [cm]
10.03.2010							C NAD	-13,39	-11,6	-15,6		1
11.03.2010							C NAD	-10,82	-8,9	-12,7		0
12.03.2010							C NAD	-10,90	-9,8	-12,2		1
13.03.2010							C NAD	-10,05	-9,2	-11,5		2
14.03.2010							C NAD	-9,07	-8,1	-9,8		7
15.03.2010							C NAD	-8,72	-7,7	-9,3		4
16.03.2010							C NAD	-6,91	-5,5	-8,2		7
17.03.2010							C NAD	-6,04	-3,2	-8		11
18.03.2010							C NAD	-0,21	2,7	-5,2		-7
19.03.2010							C NAD	3,09	5,7	1,9		7
20.03.2010							C NAD	5,18	6,5	3,4		-6
21.03.2010	1	13:00	1	13:00			2 AD	3,84	5,8	1,6		-5
22.03.2010							C NAD	0,65	2,3	0		-6
23.03.2010							C NAD	2,02	4,1	0,5		-3
24.03.2010			1	15:00			1 AD	2,36	4,7	1		-3
25.03.2010			2	11:00	14:00		2 AD	2,03	4,1	0,8		-1
26.03.2010							C NAD	2,35	5	-3,3		-5
27.03.2010			1	13:00			1 AD	-2,99	-1,4	-4,7		7
28.03.2010							C NAD	-3,09	-1,2	-4,4		-1
29.03.2010			1	07:00			1 AD	1,10	2,4	0,2		-6
30.03.2010			2	14:00	16:00		2 AD	1,02	3,7	-1,8		5
31.03.2010							C NAD	-4,84	0	-6,1		4
01.04.2010							C NAD	-4,69	-1,1	-8,4		-4
02.04.2010							C NAD	-6,99	-3,1	-9,3		15
03.04.2010							C NAD	2,14	0,3	7		5
04.04.2010	1	15:30					1 AD	-0,67	2,6	-4,2		-6
05.04.2010							C NAD	-5,20	-4,2	-6,1		7
06.04.2010							C NAD	-3,72	-0,7	-6,5		4
07.04.2010							C NAD	2,01	6,3	-1		-7
08.04.2010	1	18:30					1 AD	3,66	7,2	0,7		-5
09.04.2010			1	15:00			1 AD	1,05	3,1	-0,5		-5
10.04.2010							C NAD	-4,05	-0,7	-7,1		0
11.04.2010							C NAD	-6,54	-2,8	-8		3
12.04.2010							C NAD	-5,18	-1,3	-7,6		-1
13.04.2010							C NAD	-3,47	-1,4	-5,7		2
14.04.2010							C NAD	-3,18	-1,7	-4,3		-1
15.04.2010							C NAD	-3,61	-2,3	-4,8		10
16.04.2010							C NAD	-1,75	0,5	-4,5		-6
17.04.2010			1	15:00			1 AD	-0,44	2,6	-1,6		-5

Winter 2010/11

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Summe Abgänge	AD/NA	T AM [°C]	T AMast [°C]	T AMin [°C]	Dif. HS24	SDS [cm]
19.12.2010										0	NAD	-9,57	-6,1	-15,1	
20.12.2010										0	NAD	-2,54	1,1	-6,6	3
21.12.2010										0	NAD	-2,63	-0,2	-4,1	-4
22.12.2010										0	NAD	0,81	2,5	-1,4	-4
23.12.2010										0	NAD	1,90	2,7	1,3	-4
24.12.2010										0	NAD	-0,61	2,1	-6,2	3
25.12.2010										0	NAD	-10,10	-6,3	-11,9	-2
26.12.2010										0	NAD	-12,97	-11,9	-16,6	-3
27.12.2010										0	NAD	-14,43	-13,2	-17,1	1
28.12.2010										0	NAD	-10,88	-9	-14,1	2
29.12.2010										0	NAD	-6,87	-5,7	-9	3
30.12.2010										0	NAD	-4,69	-2,5	-5,7	3
31.12.2010										0	NAD	-4,56	-3,4	-5,2	0
01.01.2011										0	NAD	-4,77	-3,3	-8,7	-2
02.01.2011										0	NAD	-10,84	-8,6	-13,5	0
03.01.2011										0	NAD	-13,57	-12,2	-15,2	4
04.01.2011										0	NAD	-10,81	-6,9	-15,5	3
05.01.2011										0	NAD	-6,98	-3,4	-9,9	-4
06.01.2011										0	NAD	0,20	2,8	-3,6	0
07.01.2011										0	NAD	1,90	3,5	-0,6	3
08.01.2011										0	NAD	1,67	4,7	0,3	-1
09.01.2011										0	NAD	1,34	5	-1,8	-1
10.01.2011										0	NAD	-1,71	1	-3,1	-1
11.01.2011										0	NAD	-1,65	-0,7	-4,3	-1
12.01.2011										0	NAD	-4,75	-3,4	-5,6	2
13.01.2011										0	NAD	-1,21	-0,3	-2,8	1
14.01.2011										0	NAD	2,08	5,5	0	0
15.01.2011										0	NAD	-2,38	4,5	-4	-2
16.01.2011										0	NAD	3,42	7,9	-3,2	0
17.01.2011										0	NAD	4,77	7,5	0,7	0
18.01.2011				1	16:00					1	AD	-0,79	1	-3	0
19.01.2011										0	NAD	-5,86	-2,6	-9,5	0
20.01.2011										0	NAD	-11,13	-9,3	-12,2	11
21.01.2011										0	NAD	-12,73	-10,3	-14,1	12
22.01.2011										0	NAD	-13,55	-6,6	-16,2	6
23.01.2011										0	NAD	-13,75	-12,2	-15,7	-6
24.01.2011										0	NAD	-11,90	-10,7	-13,2	-1
25.01.2011										0	NAD	-9,17	-7,4	-10,6	6
26.01.2011										0	NAD	-8,68	-7,5	-9,6	15
27.01.2011										0	NAD	-8,21	-5,8	-9,6	-2
28.01.2011										0	NAD	-11,51	-9,7	-13,8	1
															22

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Summe Abgänge	AD/NA	TAM1 [C]	TAMaz [C]	TAMin [C]	Dif. HS24	SDS [cm]
29.01.2011										0	NA0	-10,25	-7,8	-16,7	-4
30.01.2011										0	NA0	-4,39	-2,4	-6	-4
31.01.2011										0	NA0	-1,81	-0,6	-3,2	-3
01.02.2011										0	NA0	-1,39	2,3	-4	-2
02.02.2011										0	NA0	-6,71	-4,2	-8,1	-2
03.02.2011										0	NA0	-5,83	-4	-8	-2
04.02.2011										0	NA0	-3,77	-0,1	-6,4	0
05.02.2011										0	NA0	1,1	2,9	-1,3	-2
06.02.2011										0	NA0	1,95	3,3	0,4	-1
07.02.2011										0	NA0	6,19	9,3	2,5	-1
08.02.2011	1	16:00		1	14:00					2	AD	0,19	4,8	-3,4	-1
09.02.2011	1	16:30								1	AD	-2,17	-1,2	-3,7	0
10.02.2011										0	NA0	0,33	1,9	-1,4	-1
11.02.2011										0	NA0	-0,75	0,5	-1,7	0
12.02.2011										0	NA0	-2,23	-1,4	-3	0
13.02.2011										0	NA0	-3,05	-1,2	-4,5	1
14.02.2011										0	NA0	-3,54	-1,4	-5,1	3
15.02.2011										0	NA0	-3,53	-0,7	-5,6	0
16.02.2011										0	NA0	-3,32	-0,4	-4,4	-1
17.02.2011										0	NA0	-3,87	-1,5	-4,9	2
18.02.2011										0	NA0	-3,13	-0,2	-5,5	-1
19.02.2011										0	NA0	-6,43	-5,7	-7,6	-1
20.02.2011										0	NA0	-5,90	-2,7	-7,7	0
21.02.2011										0	NA0	-8,87	-7,5	-9,5	-9
22.02.2011										0	NA0	-10,53	-7,6	-15,4	4
23.02.2011										0	NA0	-16,17	-15,1	-17	10
24.02.2011										0	NA0	-12,90	-9,7	-16,7	3
25.02.2011										0	NA0	-12,04	-10,8	-13	-3
26.02.2011										0	NA0	-7,47	-4,2	-12,7	-1
27.02.2011										0	NA0	-4,95	-3,8	-5,8	0
28.02.2011										0	NA0	-5,64	-4,1	-7	2
01.03.2011										0	NA0	-4,92	-1,5	-9	2
02.03.2011										0	NA0	-11,21	-9	-12,9	-2
03.03.2011										0	NA0	-7,32	-1,7	-12,9	1
04.03.2011										0	NA0	-1,39	-0,1	-2,6	0
05.03.2011										0	NA0	-2,12	-0,4	-5,4	-2
06.03.2011										0	NA0	-8,17	-5,5	-12,8	-2
07.03.2011										0	NA0	-11,93	-8,2	-16,2	0
08.03.2011										0	NA0	-3,41	-1,1	-7,0	0
09.03.2011										0	NA0	-2,73	-1,1	-4,4	0
10.03.2011										0	NA0	-2,15	-0,1	-4	-2
11.03.2011										0	NA0	-1,43	1,4	-4	0

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Abgänge-Pan2	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Summe Abgänge	ADINA	TAM[C]	TAMas[C]	TAMin[C]	Dif.HS24	SDS [cm]
12.03.2011				1	14:30				1	AD	1,50	2,8	-0,2	-2	0
13.03.2011									0	MAAD	-0,21	0,9	-0,8	-2	0
14.03.2011									0	MAU	0,68	2,4	-0,5	-2	0
15.03.2011	1	15:30							1	AD	1,80	3,5	0,4	-4	0
16.03.2011									0	MAAD	-0,04	0,7	-1,5	-3	0
17.03.2011									0	MAAD	-0,69	0,3	-2,1	-5	0
18.03.2011									0	MAAD	-3,51	-2,2	-4,6	-4	0
19.03.2011									0	MAAD	-5,53	-3,8	-6,7	8	18
20.03.2011									0	MAAD	-7,81	-2,4	-10,3	1	19
21.03.2011									0	MAAD	-5,51	0,3	-10,5	-3	19
22.03.2011									0	MAAD	-2,86	3,3	-7,1	-1	19
23.03.2011									0	MAAD	-1,63	2	-4,4	-3	19
24.03.2011									0	MAAD	2,55	0,2	-1,0	-0	1
25.03.2011				1	15:00				1	AD	3,79	4,9	1,9	-2	0
26.03.2011	1	17:00		1	12:00				2	AD	0,57	2,2	-2,3	-2	0
27.03.2011	2	15:30	16:30	1	16:00				3	AD	-1,07	1,1	-2,3	-3	0
28.03.2011									0	MAAD	-1,57	0,3	-4,2	5	5
29.03.2011				1	16:30				1	AD	1,78	0,4	4,2	2	5
30.03.2011									0	MAAD	1,24	3,8	-0,5	-1	5
31.03.2011	1	14:30							1	AD	1,27	4,2	-1,1	-2	5
01.04.2011				1	17:00				1	AD	1,35	2,1	0,3	-3	5
02.04.2011	1	14:00		1	11:30				2	AD	5,15	8,6	1,8	-6	0
03.04.2011				1	15:30				1	AD	7,36	10,1	5,7	-4	0
04.04.2011									0	MAAD	1,80	7,3	-2,9	-4	0
05.04.2011									0	MAAD	-2,59	-1,8	-3,6	1	1
06.04.2011									0	MAU	1,17	3,9	-2	1	2
07.04.2011									0	MAAD	7,10	11	3,7	-8	2
08.04.2011									0	MAAD	3,05	5,6	1,1	-3	2
09.04.2011									0	MAAD	2,39	4,8	0,3	-11	2
10.04.2011									0	MAAD	1,05	4	-1,1	-5	1
11.04.2011									0	MAAD	2,60	5,9	-1,2	-2	0
12.04.2011									0	MAAD	-0,78	4	-6,1	0	0
13.04.2011									0	MAAD	-7,51	-6,3	-8,6	5	15
14.04.2011									0	MAAD	-5,41	-2,8	-6,6	7	22
15.04.2011									0	MAAD	-3,69	0,2	-6	1	23
16.04.2011									0	MAAD	-4,31	-1,2	-0,2	-4	23
17.04.2011									0	MAAD	-2,15	2,3	-5,6	-2	23
18.04.2011				2	16:00	16:30			2	AD	0,95	5,9	-2,2	-6	8
19.04.2011				4	14:30	15:00	16:30	17:00	4	AD	3,82	8,1	0,3	-8	1
20.04.2011									0	MAAD	5,69	10,1	2	-2	0
21.04.2011									0	MAAD	7,37	10,9	5,1	1	0

Winter 2015/16

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	AD/ NAD	T AM[C]	T AMax[C]	T AMin[C]	TSSM[C]	TSSMax[C]	TSSMin[C]	Med. WG. [%]	Diff. HS24 [cm]	5 DS [cm]
01.12.2015	0					NAD	-4,17	-3,6	-5,8	-0,36	0,60	-1,90	2,8	2,8	
02.12.2015	0					NAD	-0,68	2,3	-3,6	0,46	4,70	-3,10	3,2	-7	
03.12.2015	0					NAD	3,15	4,6	1,8	-4,46	-2,20	-8,00	3	-6,2	
04.12.2015	0					NAD	1,66	6,6	-3,8	-4,17	-1,00	-8,60	2,6	0,5	
05.12.2015	0					NAD	-0,56	2,8	-3,6	-5,03	-1,40	-6,20	2,9	-0,7	
06.12.2015	0					NAD	1,47	5,4	-2	-6,45	-4,00	-8,40	3,1	0,1	0,60
07.12.2015	0					NAD	-1,87	1,2	-4,1	-6,01	-3,70	-8,90	3	0,3	0,90
08.12.2015	0					NAD	0,40	3,5	-3,6	-6,21	-2,50	-9,20	3,6	-0,6	0,90
09.12.2015	0					NAD	-5,70	-3,6	-9	-2,15	-0,10	-4,90	3,9	1,7	2,10
10.12.2015	0					NAD	-8,21	-0,8	-10,9	-3,55	-4,30	-14,30	3,3	4,3	6,40
11.12.2015	0					NAD	-1,74	0,2	-4,8	-7,16	-4,10	-12,80	3,3	-1,7	6,30
12.12.2015	0					NAD	-4,01	-2,2	-6,2	-5,34	-1,50	-11,20	3,3	-0,4	6,00
13.12.2015	0					NAD	-2,31	-0,9	-3,9	-5,13	-1,60	-11,30	3,4	-0,1	6,00
14.12.2015	0					NAD	-1,45	1,3	-3,3	-10,11	-6,50	-12,10	3,5	0,1	4,40
15.12.2015	0					NAD	-4,71	-2,4	-6	-4,08	-1,40	-11,40	3,7	-0,1	0,10
16.12.2015	0					NAD	-4,27	-3	-5,3	-3,57	-0,40	-9,50	3,8	2,1	2,20
17.12.2015	0					NAD	-2,49	-0,6	-3,6	-0,36	0,30	-2,00	5,1	0,1	2,30
18.12.2015	0					NAD	-1,01	0,6	-2,6	-0,60	0,40	-2,90	6,25	-3,1	2,30
19.12.2015	0					NAD	-0,38	1,7	-2,8	-2,69	-0,10	-6,70	6	-0,8	2,20
20.12.2015	0					NAD	4,28	7,6	0,3	-4,31	-1,90	-6,50	3,7	-1,1	2,20
21.12.2015	0					NAD	-0,29	4,8	-3,6	-1,56	0,20	-5,30	2,8	0,2	0,70
22.12.2015	0					NAD	1,10	6,2	-3,7	-1,91	0,80	-3,80	2	0,5	0,70
23.12.2015	0					NAD	1,08	7,3	-3	-3,48	-1,40	-6,00	1,15	-0,7	0,70
24.12.2015	0					NAD	-2,10	1,2	-4,4	-6,33	-3,30	-9,60	0,5	0,9	1,60
25.12.2015	0					NAD	-0,62	2,2	-3,6	-2,69	0,30	-6,50	0,15	-0,7	1,60
26.12.2015	0					NAD	3,27	6,2	-0,2	-4,53	-2,00	-6,30	0,1	-1,4	1,40
27.12.2015	0					NAD	2,90	4,8	1,6	-4,82	-1,70	-7,80	0,1	-0,4	0,90
28.12.2015	0					NAD	3,28	6,1	1,8	-7,24	-4,70	-9,10	0,1	-0,1	0,90
29.12.2015	0					NAD	1,11	4,6	-5,1	-6,83	-3,80	-10,30	0,2	-0,2	0,00
30.12.2015	0					NAD	-4,19	-0,8	-6	-7,25	-3,90	-12,50	0,2	1	1,00
31.12.2015	0					NAD	-3,38	0	-6,3	-9,17	-1,80	-15,50	0,1	1,1	2,10
01.01.2016	0					NAD	-7,38	-6,1	-9,1	-5,21	-2,10	-14,30	0,3	4,7	6,80
02.01.2016	0					NAD	-5,58	-3,7	-9	-9,65	-4,40	-15,90	0,5	0,8	7,60
03.01.2016	0					NAD	-9,10	-6,5	-11,6	-6,44	-2,90	-13,00	1,1	3,4	11,00
04.01.2016	0					NAD	-9,24	-7,2	-12	-6,93	-3,20	-11,70	1,5	0,3	10,30
05.01.2016	0					NAD	-8,77	-6,7	-10	-10,22	-4,60	-15,80	1,8	3	12,20
06.01.2016	0					NAD	-9,27	-8	-10,7	-7,60	-4,70	-15,60	1,9	0,3	7,80
07.01.2016	0					NAD	-9,27	-7	-10,7	-7,37	-3,60	-12,00	2,1	-0,5	7,00
08.01.2016	0					NAD	-7,77	-4,6	-9,2	-5,17	-3,30	-7,60	2,2	5,6	9,20
09.01.2016	0					NAD	-3,64	-2	-5,1	-2,50	0,30	-6,70	2,6	-2,2	8,90
10.01.2016	0					NAD	-4,28	-2	-5,5	-3,79	-0,80	-7,30	2,5	3,8	9,70
11.01.2016	0					NAD	-4,34	-1,4	-8,1	-2,14	0,20	-4,90	2,95	0,3	9,70

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	AD/ NAD	TAMI [C]	TAMax [C]	TAMin [C]	TSSM [C]	TSSMax [C]	TSSMin [C]	Med. WG. [%]	Dif. HS24 [cm]	5 DS [cm]
12.01.2016	0					NAD	-9,21	-8,1	-10,4	-5,94	-3,80	-9,10	3	14,7	24,40
13.01.2016	0					NAD	-11,17	-10,1	-12,4	-6,85	-5,70	-10,10	2,7	6	24,80
14.01.2016	0					NAD	-11,82	-8,4	-11,60	-7,10	-4,90	-10,10	2,7	4,1	28,30
15.01.2016	0					NAD	-13,35	-10,4	-14,3	-9,51	-7,60	-11,50	2,7	-0,2	25,10
16.01.2016	0					NAD	-15,48	-14,3	-16,9	-10,92	-9,00	-13,50	2,8	8,2	33,00
17.01.2016	0					NAD	-17,09	-15,7	-18,7	-12,10	-10,60	-14,20	2,9	9,2	27,50
18.01.2016	0					NAD	-17,23	-8,1	-19,7	-19,32	-12,80	-30,10	2,9	11,2	32,70
19.01.2016	0					NAD	-14,19	-12,8	-16,2	-14,12	-8,60	-30,30	3	-10,9	28,60
20.01.2016	0					NAD	-13,51	-12	-15,5	-12,23	-8,60	-14,30	3	-4,3	28,60
21.01.2016	0					NAD	-15,84	-14,8	-17,8	-14,65	-8,90	-30,00	3	-3,9	20,40
22.01.2016	0					NAD	-11,71	-7,7	-17	-22,16	-11,60	-30,00	3	-1,6	11,20
23.01.2016	0					NAD	-8,38	0	-10,2	-6,13	-4,00	-12,00	3	-2,2	0,00
24.01.2016	0					NAD	-7,83	-5,2	-10,7	-6,24	-3,30	-8,80	3,1	5,4	5,40
25.01.2016	0					NAD	-2,97	1,2	-6,8	-0,74	0,40	-4,60	3,1	-2,8	5,40
26.01.2016	0					NAD	0,72	1,7	-1,4	-0,30	0,70	-2,20	3,4	-5	5,40
27.01.2016	0					NAD	0,69	1,9	-0,2	-0,58	0,90	-2,70	3,1	-2,6	5,40
28.01.2016	2	12:30	13:00			AD	-0,77	1,5	-3,7	-1,40	0,50	-4,60	3,45	-1,2	5,40
29.01.2016	0					NAD	-3,47	-1,3	-4,7	-2,07	0,00	-8,50	3,7	1,1	1,10
30.01.2016	0					NAD	-2,04	-0,1	-5,4	-7,10	-2,70	-10,70	3	-0,7	1,10
31.01.2016	0					NAD	-6,88	-4,2	-9,6	-2,83	-0,70	-5,00	3	6,1	7,20
01.02.2016	0					NAD	-1,50	3,2	-4,4	0,95	2,70	-0,60	3,1	32,7	39,90
02.02.2016	0					NAD	2,42	5,2	0,3	1,10	0,80	4,40	3,3	15,1	39,90
03.02.2016	0					NAD	-6,95	-1	-12,4	-3,31	-1,10	-6,90	3,2	-3	38,80
04.02.2016	0					NAD	-12,96	-11	-14	-8,22	-7,10	-10,90	3	17,5	56,30
05.02.2016	0					NAD	-9,70	-6,7	-11,6	-6,83	-6,10	-7,70	2,9	21,3	71,50
06.02.2016	0					NAD	-2,86	1,1	-6,6	-7,1	-3,35	-1,10	3	-6,9	38,80
07.02.2016	0					NAD	-4,04	-1,3	-7,1	-3,35	-1,10	-6,60	3,1	-4	38,80
08.02.2016	0					NAD	-4,10	-2	-6,4	-2,43	0,50	-6,20	3	-4	38,80
09.02.2016	0					NAD	-4,77	-3,1	-6,9	-5,08	-0,50	-12,50	3	-2,7	21,30
10.02.2016	0					NAD	-11,43	-5,1	-13,1	-6,53	-1,30	-9,50	3	12,5	12,50
11.02.2016	0					NAD	-12,16	-8,2	-13,1	-11,42	-4,80	-19,30	3	9,5	22,00
12.02.2016	0					NAD	-11,85	-9,8	-13,5	-11,50	-6,90	-18,80	3	-6,4	22,00
13.02.2016	0					NAD	-8,11	-5,8	-10,9	-7,79	-3,10	-12,40	3	-2,1	22,00
14.02.2016	0					NAD	-4,86	0	-7	-6,39	-1,60	-13,90	3	-3,5	22,00
15.02.2016	0					NAD	-8,58	-6,9	-9,9	-4,30	-2,80	-5,80	3	-2,3	9,50
16.02.2016	0					NAD	-8,93	-5,7	-10	-4,97	-3,30	-6,30	3	6,9	6,90
17.02.2016	0					NAD	-7,94	-4,8	-10,6	-4,98	-0,70	-6,60	3	2,6	9,50
18.02.2016	0					NAD	-4,84	-3,1	-7,9	-2,84	-0,10	-8,90	3	-4,7	9,50
19.02.2016	0					NAD	-10,12	-7,8	-12,7	-5,45	-3,50	-7,70	3	-2,4	9,50
20.02.2016	0					NAD	-10,55	-5,4	-13,6	-6,62	-1,50	-11,20	3	1,7	11,20
21.02.2016	0					NAD	-1,79	1,5	-5,4	0,64	3,00	-1,60	3	26,9	31,20
22.02.2016	0					NAD	2,16	5,4	-1,6	-0,01	0,90	-1,60	3,1	-20	28,60

Datum	Abgänge-Pan	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	AD/ NAD	TAM [°C]	TAMas [°C]	TAMin [°C]	TSSM [°C]	TSSMas [°C]	TSSMin [°C]	Med. WG. [%]	Dif. HS24 [cm]	5 DS [cm]
23.02.2016	3	07:00	14:00	17:00		AD	-4,49	-1,4	-11,6	-0,95	0,40	-5,10	3,2	-9,1	28,60
24.02.2016	0					NAD	-12,17	-10,5	-13,8	-9,72	-3,50	-16,90	3,2	3,1	31,70
25.02.2016	0					NAD	-8,70	-3,4	-12,3	-6,61	-1,00	-15,80	3,3	-1,2	30,00
26.02.2016	0					NAD	-11,80	-8,3	-13,6	-8,50	-4,20	-11,50	3	0,8	3,90
27.02.2016	0					NAD	-8,80	-4,8	-12,2	-7,08	-2,50	-11,70	3	-1,1	3,90
28.02.2016	0					NAD	-4,56	-3,8	-6	-1,69	0,20	-5,90	3	-1	3,90
29.02.2016	0					NAD	-5,69	-4,6	-8,6	-2,12	-0,60	-7,40	3,1	1,4	2,20
01.03.2016	0					NAD	-11,39	-8,9	-12,5	-6,42	-2,50	-8,20	3,1	6,7	8,90
02.03.2016	0					NAD	-7,66	-2,8	-12,4	-4,63	0,10	-11,60	3,1	1,7	9,80
03.03.2016	0					NAD	-12,49	-10	-14	-7,26	-4,60	-8,80	3,1	11,8	21,60
04.03.2016	0					NAD	-10,14	-5,2	-13,8	-8,45	-2,80	-13,20	3,1	12,5	34,10
05.03.2016	0					NAD	-6,63	-5,3	-7,9	-4,92	-2,00	-10,60	3,1	-4,7	32,70
06.03.2016	0					NAD	-10,06	-6,2	-13,2	-5,20	-2,50	-8,20	3,1	-1,3	26,00
07.03.2016	0					NAD	-11,57	-7,6	-13,5	-7,28	-4,60	-8,90	3,1	22	46,30
08.03.2016	0					NAD	-11,01	-7,3	-12,5	-7,17	-4,10	-13,80	3,1	-3,4	34,50
09.03.2016	0					NAD	-10,85	-8,5	-12,8	-8,27	-4,60	-14,00	3,1	4,4	26,40
10.03.2016	0					NAD	-7,90	-4,2	-10	-9,24	-0,40	-17,70	3,1	-1,3	26,40
11.03.2016	0					NAD	-8,62	-7	-9,7	-4,48	-3,20	-6,80	3	-5	26,40
12.03.2016	0					NAD	-8,26	-5,4	-9,3	-4,33	-3,50	-4,90	3	-5,2	4,40
13.03.2016	0					NAD	-9,17	-5,5	-10,5	-5,19	-4,10	-6,00	3,1	0	4,40
14.03.2016	0					NAD	-8,89	-2,5	-12,7	-8,56	-3,80	-17,50	3,1	-1,6	0,00
15.03.2016	1	07:00				AD	-11,24	-6,9	-14,4	-8,38	-5,20	-13,30	3,1	-3	0,00
16.03.2016	0					NAD	-12,43	-10,5	-14,8	-7,96	-2,60	-13,80	3,2	6,8	6,80
17.03.2016	0					NAD	-6,54	-0,1	-11	-7,63	0,10	-15,10	3,2	1,2	8,00
18.03.2016	0					NAD	-5,08	-2,7	-7	-5,07	-0,70	-8,00	3,2	-6,5	8,00
19.03.2016	0					NAD	-5,61	-2,6	-7,6	-3,69	0,10	-6,70	3,3	-3,3	8,00
20.03.2016	4	12:30	14:30	15:30	17:30	AD	-3,74	0,4	-6,1	-3,41	-0,20	-6,10	3,3	-3,2	8,00
21.03.2016	1	15:00				AD	-6,44	-3,4	-8,3	-3,73	-0,30	-6,40	3,3	-2,2	1,20
22.03.2016	0					NAD	-9,62	-8,5	-10,6	-4,87	-1,90	-8,30	3,4	-4	0,00
23.03.2016	0					NAD	-10,41	-9,8	-11,2	-5,87	-3,20	-7,40	3,4	-1,6	0,00
24.03.2016	0					NAD	-10,63	-9,8	-12	-5,89	-3,20	-7,60	3,5	15	15,00
25.03.2016	0					NAD	-8,29	-5,5	-10,6	-4,18	-0,80	-7,90		4	19,00
26.03.2016	0					NAD	-7,27	-4,9	-8,8	-4,01	0,10	-8,70		3,3	22,30
27.03.2016	0					NAD	-1,72	4,5	-8,8	-4,39	1,00	-12,00		-3,1	22,30
28.03.2016	1	15:00				AD	-2,31	1	-5,1	-2,43	1,00	-7,70		-9,1	22,30
29.03.2016	0					NAD	-2,84	0	-4,2	-3,06	0,90	-8,20		-5,4	7,30
30.03.2016	0					NAD	-0,92	1,7	-3,4	-2,26	1,00	-9,50		-8,9	3,30
31.03.2016	4	12:00	13:00	13:30	15:00	AD	2,34	4,9	-2,3	-0,26	1,50	-5,10		-2,9	0,00
01.04.2016	3	15:00	15:30	16:00		AD	2,33	4,8	-0,6	0,74	1,90	0,20		-6,8	0,00
02.04.2016						NAD	3,40	7,8	-1,5	0,08	0,70	-0,60		-4,3	0,00
03.04.2016	1	16:00				AD	4,72	6,3	3,3	0,32	1,80	-1,60		-6,5	0,00

Datum	Abgabe-Paar	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Uhrzeit5	ADMADTAM [C]	TAMax [C]	TAMin [C]	QTSSM [C]	TSSMax [C]	TSSMin [C]	Med. VG [Z]	Diff. H924 [cm]	S DS [cm]
07.02.2017							NAD	-8,29	-7,6	-8,8	-6,38	-5,33	-11,40	3	
08.02.2017							NAD	-8,16	-5,4	-9	-8,64	-4,93	-13,00	3	-1,4
09.02.2017							NAD	-9,15	-7,8	-10,2	-8,41	-5,83	-14,80	3	-1,8
10.02.2017							NAD	-6,82	-4,2	-9,6	-7,30	-4,1	-9,40	2,9	1,4
11.02.2017							NAD	-3,62	-0,8	-5,8	-7,59	-3,23	-14,50	2,9	-1,7
12.02.2017							NAD	-0,86	1,6	-4,4	-11,59	-3,63	-15,40	2,9	-1,5
13.02.2017							NAD	-3,80	0,7	-7,9	-8,45	-3,13	-14,90	2,9	-1,2
14.02.2017							NAD	1,66	5	-5,5	-10,29	-2,43	-16,20	2,9	-1,4
15.02.2017	2	13:30	15:00				AD	5,66	7,6	3,1	-6,59	0,83	-11,00	3	-0,8
16.02.2017							NAD	0,47	2,1	-1,9	-5,07	-0,53	-11,20	3,2	-0,5
17.02.2017							NAD	-4,49	-1,8	-7,7	-4,21	-0,43	-7,30	3,4	0,1
18.02.2017							NAD	-7,46	-6,8	-8,7	-5,55	-2,63	-12,10	3,4	7
19.02.2017							NAD	-6,25	-4,2	-8,6	-10,92	-4,93	-19,90	3,3	-0,7
20.02.2017							NAD	-5,78	-4,1	-6,9	-5,17	-3,23	-8,70	3,3	-0,2
21.02.2017							NAD	-2,10	-0,1	-4,2	-0,97	0,13	-4,20	3	7,1
22.02.2017							NAD	-1,01	0,3	-1,9	-0,16	0,53	-0,90	3,1	4,2
23.02.2017	1	13:30					AD	1,59	6,2	-1,7	-1,11	0,53	-4,70	3,3	-5,9
24.02.2017							NAD	-5,97	1,4	-10,1	-5,20	-2,83	-7,50	3,6	-3,9
25.02.2017							NAD	-8,65	-3,3	-11,1	-11,23	-6,63	-15,50	3,6	6,8
26.02.2017							NAD	1,53	3,6	-3,2	-5,33	-1,13	-14,40	3,5	-1,3
27.02.2017							NAD	1,12	2,1	-1,3	-2,54	1,23	-8,40	3,4	-1,4
28.02.2017							NAD	-2,27	-0,4	-7,1	-3,30	0,53	-8,80	3,3	-1,1
01.03.2017							NAD	-7,52	-3,8	-9,7	-6,99	-4,43	-12,00	3,2	12,8
02.03.2017							NAD	-4,09	-1,4	-7,3	-4,18	0,23	-9,80	3	-5,2
03.03.2017							NAD	-3,59	-1,1	-7,4	-6,75	-1,33	-15,00	2,9	3,4
04.03.2017							NAD	-1,01	0,6	-2,4	-1,65	0,73	-4,90	2,9	-0,1
05.03.2017							NAD	-3,56	-1,1	-5,3	-5,10	-0,13	-11,30	3	-3,7
06.03.2017							NAD	-5,97	-3,9	-7,8	-5,93	-0,93	-10,20	3,1	8
07.03.2017							NAD	-7,24	-5,4	-7,8	-5,05	-3,43	-7,10	3	5,4
08.03.2017							NAD	-5,72	-0,3	-8,3	-6,80	-2,33	-15,00	3,1	8,4
09.03.2017							NAD	-2,26	-0,9	-4,1	-0,95	0,23	-4,10	3,1	11,1
10.03.2017							NAD	-7,18	-2,6	-9,1	-5,06	-1,03	-7,10	3,1	20,5
11.03.2017							NAD	-7,44	-4,2	-12,2	-6,90	-2,73	-11,60	3,2	15,3
12.03.2017							NAD	-6,19	-3,4	-8,6	-11,48	-1,03	-18,00	3,2	11,9
13.03.2017							NAD	-3,84	-1,2	-6,5	-8,37	-2,83	-19,10	3,3	4,9
14.03.2017	1	15:30					AD	-3,95	-1,5	-5,5	-4,56	0,13	-7,30	3,4	-3,1
15.03.2017							NAD	-2,58	-0,1	-4,4	-2,41	0,73	-5,60	3,4	-4,7
16.03.2017	3	16:00	16:30	17:30			AD	-0,99	1,4	-3,9	-2,51	0,03	-5,10	3,5	-2,9
17.03.2017	1	13:30					AD	2,34	4,6	-0,7	-0,86	1,03	-4,90	3,7	-7,4
18.03.2017							NAD	-1,99	-0,3	-2	-0,34	0,23	-1,40	3,8	0
19.03.2017							NAD	-0,69	0,9	-2,3	0,68	2,63	-0,60	4	9,6
20.03.2017	5	10:30	11:00	12:30	15:30	17:00	AD	2,56	5,9	0,3	-0,16	0,93	-2,30	5,4	-14,5
21.03.2017	3	11:30	15:30	17:30			AD	3,14	4,8	0,8	0,06	0,83	-2,20	5,4	-4,1
22.03.2017	1	16:00					AD	0,70	2,8	-0,5	0,03	0,83	-0,60	5,6	-4
23.03.2017	1	15:00					AD	1,54	4,1	-0,1	-0,72	0,73	-3,60	5,5	-2,9
24.03.2017	1	16:00					AD	4,64	6,6	3,2	-1,43	1,33	-5,50	5,5	-2,8
25.03.2017	1	19:00					AD	4,16	6,9	1,6	-1,20	0,33	-5,40	6	0
26.03.2017							NAD	-1,85	2,1	-4,8	-3,79	0,23	-12,40	6,3	-1,4
27.03.2017							NAD	0,48	4,6	-4,2	-6,00	0,03	-14,20	6,4	-3,6
28.03.2017							NAD	3,99	6,8	0,3	-2,63	0,83	-9,50	6,5	-2,1
29.03.2017							NAD	1,82	3,9	0,8	-0,18	1,13	-1,80	6,55	-3,1
30.03.2017	2	11:00	15:30				AD	2,76	6,4	-0,1	-0,35	1,03	-3,40	6,8	-5,5
31.03.2017	1	15:00					AD	6,04	9,2	3,6	-1,09	1,33	-4,90	7	-3,2
01.04.2017							NAD								0

Winter 2017/18

Datum	Abgänge-Pan	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Uhrzeit5	AD/NAD	T AM [C]	T AMax [C]	T AMin [C]	TSSM [C]	TSSMax [C]	TSSMin [C]	Med. VG [C]	Diff. HS24 [cm]	5 DS [cm]
19.01.2018	0						NAD	-8,16	4,5	-10	-7,08	-3,00	-11,50	4,7		
20.01.2018	0						NAD	-9,78	-8,8	-10,5	-9,96	-7,30	-15,60	4,5	5,3	
21.01.2018	0						NAD	-8,63	-7	-12,6	-7,61	-5,70	-9,70	4,45	-1,1	
22.01.2018	0						NAD	-6,79	-2,2	-13,1	-6,22	-1,40	-16,70	4,3	8,5	
23.01.2018	0						NAD	-6,61	-3,7	-7,3	-5,36	-2,50	-9,70	4,1	9,9	
24.01.2018	0						NAD	-1,75	4,1	-6,4	-5,10	-0,90	-9,60	4	-0,5	23,7
25.01.2018	0						NAD	3,05	5,6	-0,7	-4,96	-1,00	-9,00	3,9	-3	18,4
26.01.2018	0						NAD	1,10	3,2	-0,9	-5,66	-2,10	-10,20	3,8	-2,7	18,4
27.01.2018	0						NAD	0,11	2	-1,5	-6,37	-2,10	-10,20	3,8	-3,9	9,9
28.01.2018	0						NAD	-1,34	-0,2	-2,8	-3,33	-1,40	-7,00	3,9	-2,6	0
29.01.2018	5	07:00	12:30	14:00	15:00	15:30	AD	0,62	2,7	-1,7	-2,54	-0,70	-5,40	3,8	-2,3	0
30.01.2018	0						NAD	-3,66	-0,5	-4,9	-4,50	-1,30	-12,50	3,9	-3	0
31.01.2018	1	15:00					AD	-1,06	1,7	-6,5	-9,09	-4,00	-13,50	3,9	-1,9	0
01.02.2018	0						NAD	-5,47	-1,8	-9,6	-5,80	-1,10	-9,30	3,9	-1,4	0
02.02.2018	0						NAD	-9,83	-8,9	-10,7	-9,01	-7,00	-9,60	3,9	34,8	34,8
03.02.2018	0						NAD	-11,09	-10,1	-11,7	-9,33	-7,20	-11,20	4	-6	34,8
04.02.2018	0						NAD	-10,64	-4	-13	-13,04	-7,90	-23,50	4	6,6	41,4
05.02.2018	0						NAD	-9,50	-6	-13,1	-15,06	-8,40	-23,10	4,1	-0,5	41,4
06.02.2018	0						NAD	-4,38	-1,2	-6,5	-10,58	-5,80	-15,00	4,1	-4,8	41,4
07.02.2018	0						NAD	-6,45	-3,9	-9,2	-6,18	-4,00	-10,70	4,2	-4,1	6,6
08.02.2018	0						NAD	-9,32	-8,6	-10,3	-8,01	-7,20	-8,80	4,2	0,7	7,3
09.02.2018	1	07:00					AD	-7,48	-4,9	-9,1	-11,06	-2,10	-18,10	4,3	-3,3	0,7
10.02.2018	0						NAD	-9,69	-8,1	-11,3	-10,12	-7,10	-18,20	4,3	-1,7	0,7
11.02.2018	0						NAD	-8,74	-5,3	-11,8	-12,80	-4,30	-12,80	4,4	39,9	40,6
12.02.2018	0						NAD	-9,69	-5,8	-12,9	-7,77	-4,30	-10,50	4,4	6,5	47,1
13.02.2018	0						NAD	-12,83	-8,6	-16,7	-14,67	-8,70	-26,10	4,5	14,5	60,9
14.02.2018	0						NAD	-12,98	-8,5	-14,7	-15,92	-8,30	-26,40	4,6	-3,6	60,9
15.02.2018	0						NAD	-9,80	-2,9	-15,7	-12,32	-2,20	-27,60	4,6	1,4	62,3
16.02.2018	0						NAD	-2,86	-0,6	-5	-2,54	-0,10	-6,70	4,7	-3,6	22,4
17.02.2018	0						NAD	-4,19	-2,8	-5,5	-4,76	-2,90	-10,20	4,8	-7,5	15,9
18.02.2018	0						NAD	-9,57	-6,5	-12,2	-11,23	-4,00	-23,40	4,8	3	4,4
19.02.2018	0						NAD	-10,05	-7,3	-11,7	-13,55	-6,90	-21,90	4,9	-4	4,4
20.02.2018	0						NAD	-11,17	-9,9	-12,4	-10,14	-6,10	-14,50	5	0,7	3,7
21.02.2018	0						NAD	-11,46	-7,5	-12,7	-9,70	-7,00	-12,80	5,1	11,9	15,6
22.02.2018	0						NAD	-10,23	-9,3	-12,1	-8,85	-7,00	-10,70	5,3	-0,5	15,6
23.02.2018	0						NAD	-8,97	-7	-11,2	-8,57	-6,60	-10,70	5,4	0,8	13,4
24.02.2018	0						NAD	-9,48	-3	-17,8	-10,53	-4,30	-20,50	5,5	-28,5	13,4
25.02.2018	0						NAD	-18,00	-13,2	-23,2	-25,23	-13,10	-31,00	5,6	-2,2	12,7
26.02.2018	0						NAD	-22,61	-14,5	-25	-24,33	-17,30	-32,90	5,8	-0,9	0,8
27.02.2018	0						NAD	-22,93	-18,7	-24,4	-21,53	-16,90	-26,60	5,9	2,7	3,5
28.02.2018	0						NAD	-18,27	-8,6	-24,8	-23,57	-15,00	-27,90	6	2,3	5
01.03.2018	0						NAD	-5,44	-0,3	-18,4	-16,24	-9,10	-25,40	6,1	0	5
02.03.2018	0						NAD	-1,93	1,3	-7,8	-5,76	-0,90	-12,70	6,2	-1,3	5
03.03.2018	0						NAD	-4,78	-1,7	-7,7	-6,27	-0,50	-12,60	6,4	-0,8	5
04.03.2018	0						NAD	-4,19	-1,2	-7,1	-6,31	-0,90	-10,40	6,4	0,5	2,8
05.03.2018	0						NAD	-2,50	1,2	-4,8	-5,27	-1,00	-11,10	6,5	-0,6	0,5
06.03.2018	0						NAD	-3,97	-2,6	-5,5	-3,09	-0,30	-5,70	6,7	-1,4	0,5
07.03.2018	0						NAD	-4,79	-0,8	-6,9	-4,01	0,00	-7,50	6,9	1,7	2,2

Datum	Abgänge-Pan1	Uhrzeit1	Uhrzeit2	Uhrzeit3	Uhrzeit4	Uhrzeit5	AD/NAD	TAM[C]	TAMa[C]	TAMin[C]	TSSM[C]	TSSMa[C]	TSSMin[C]	Med. VG [%]	Dif.HS24 [om]	ES DS [om]
08.03.2018	0						NAD	-6,55	-4,6	-7,6	-7,23	-3,80	-12,70	7,1	9,6	11,8
09.03.2018	0						NAD	-1,10	2,3	-5,7	-5,56	0,50	-12,90	7,3	-3,7	11,3
10.03.2018	0						NAD	1,63	5,9	-0,3	-0,87	0,90	-5,80	7,6	-2,1	11,3
11.03.2018	0						NAD	0,97	2,4	-2,2	-1,44	0,80	-6,50	7,9	-2,3	11,3
12.03.2018	0						NAD	-0,66	2,1	-3,1	-0,63	0,90	-3,50	8,8	-6,2	3,6
13.03.2018	1	07:00					AD	-3,36	-0,8	-4,7	-2,74	0,20	-6,40	8,7	3,8	3,8
14.03.2018	0						NAD	-5,18	-4,4	-6,1	-5,17	-1,00	-12,70	8,7	0,8	4,6
15.03.2018	1	17:00					AD	-3,29	1,1	-6,2	-4,87	0,10	-12,90	7,1	-1,2	4,6
16.03.2018	0						NAD	-3,18	-1,6	-3,9	-2,83	-0,70	-8,70	7,1	-1,5	4,6
17.03.2018	0						NAD	-4,77	-3,5	-6,5	-5,22	-2,10	-12,00	7,1	3,8	8,4
18.03.2018	0						NAD	-0,09	-0,2	-4,74	-4,74	-0,00	-7,40	7,1	-1,7	4,0
19.03.2018	0						NAD	-3,61	-2,6	-11,5	-8,01	-4,90	-11,60	8,0	0,2	4
20.03.2018	0						NAD	-10,22	-11,3	-15	-11,50	-8,80	-14,00	7,1	0,2	4,2
21.03.2018	0						NAD	-10,57	-11,5	-14,9	-11,98	-7,50	-18,70	7,1	10	14,2
22.03.2018	0						NAD	-12,13	-9,4	-15,9	-12,28	-4,40	-20,50	7,1	-4	10,4
23.03.2018	0						NAD	-9,57	-7,7	-12	-7,32	-2,30	-10,60	7,1	-8,5	10,4
24.03.2018	0						NAD	-1,70	-3,7	-11,1	-8,85	-3,00	-17,60	7,1	2,3	12,5
25.03.2018	1	17:00					AD	-2,24	4,5	-6,1	-9,18	-1,00	-18,40	7,1	0	12,3
26.03.2018	0						NAD	-5,67	-4,7	-7	-4,80	-2,50	-10,90	7,1	-1,5	2,3
27.03.2018	0						NAD	-7,00	-4,4	-6,3	-7,05	-1,50	-18,00	7,1	2,3	4,6
28.03.2018	0						NAD	-3,71	-1,7	-7,5	-3,80	0,00	-17,00	7,1	8,3	12,9
29.03.2018	0						NAD	-2,85	0,3	-5,1	-1,54	-0,10	-4,20	7,1	-3,8	10,6
30.03.2018	0						NAD	-1,99	0,6	-5,2	-1,67	0,60	-5,60	7,1	4,2	14,8
31.03.2018	0						NAD	-1,44	0,7	-5,1	-0,71	0,70	-3,50	7,1	-5,1	14,8
01.04.2018	0						NAD	-5,81	-3,7	-7,2	-4,21	-2,40	-5,40	7,1	18,4	30,9
02.04.2018	0						NAD	-4,22	1	-8,1	-3,72	-0,30	-8,50	7,1	2,7	25,3
03.04.2018	0						NAD	3,23	5,6	0,2	-1,16	1,50	-7,70	7,1	-10,9	25,3
04.04.2018	0						NAD	3,06	5,7	0,7	0,14	1,10	-1,60	7,1	-7,9	21,1
05.04.2018	0						NAD	-1,01	2,2	-3,6	-1,15	0,10	-4,40	7,1	-7,8	21,1
06.04.2018	0						NAD	2,16	3,4	6,4	3,50	0,10	8,00	7,1	5,5	5,5
07.04.2018	1	17:00					AD	2,30	6,1	-2,2	-3,36	0,30	-9,00	7,1	-4,4	2,8
08.04.2018	1	17:00					AD	2,60	6,5	-2,3	-1,35	1,10	-5,40	7,1	-5,6	2,8
09.04.2018	0						NAD	3,30	6,4	0,8	-0,45	1,70	-3,60	7,1	-6,6	2,8
keine bildermehr																