

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



**Life Sciences und  
Facility Management**

**IUNR Institut für Umwelt und  
Natürliche Ressourcen**



# **Wintermonitoring Piz Dora Schlussbericht**

**Einfluss einer forstlich aufgeweiteten Waldschneise auf die räumliche  
Schneesport-Nutzung im Val Müstair**

# Wintermonitoring Piz Dora

## Schlussbericht

Einfluss einer forstlich aufgeweiteten Waldschneise auf die räumliche  
Schneesport-Nutzung im Val Müstair

Januar 2021

Bild Titelseite: Blick von Lü zum Piz Dora am 16.03.2020.  
Quelle: Jon Gross, Wildhüter Val Müstair, 2020.

Auftraggeber  
Naturpark Biosfera Val Müstair  
7532 Tschierv

Autoren  
Jonathan Blank-Pachlatko, Felix Volpert, Reto Rupf

Copyright © 2021  
Forschungsgruppe Umweltplanung, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
ZHAW Wädenswil

## Zusammenfassung

Die Biosfera Val Müstair gilt, als regionaler Naturpark von nationaler Bedeutung zusammen mit dem Schweizerischen Nationalpark und Teilen der Gemeinde Scuol als erstes hochalpines UNESCO Biosphärenreservat der Schweiz. Darin soll der Schutz der Lebensräume und ihrer Wildtiere auch in der traditionsreichen Kultur- und Naturlandschaft seinen Platz finden. Ein ausgewogenes Zusammenspiel von Ökologie und Ökonomie garantiert dabei die langfristige Lebensgrundlage der Bevölkerung. Um innerhalb dieses Rahmens touristische Nutzung und Entwicklung zu ermöglichen, bedarf es eines umsichtigen Gebietsmanagements. Sorgfältige Besuchermonitorings mit räumlich angepassten Lösungen liefern hierzu die Grundlage für Entscheidungen hinsichtlich der Nutzung sensibler Gebiete.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die forstlichen Aufweitungen und Ausholzungen in der Waldschneise zwischen Era da la Bescha und Funtauna Grossa am Nordhang des Piz Doras bezüglich seiner Wirkung auf die Besucherlenkung zu überprüfen, das räumliche Nutzungsverhalten der Tourengewandenen im selben Gebiet zu charakterisieren sowie die Entwicklung des Skitourenaufkommens in den letzten zehn Jahren abschätzen zu können.

Mit hochaufgelösten und zusammengefügteten Einzelaufnahmen fotografiert vom Gegenhang in Lü, untersuchten wir anhand der Analyse der Skispuren die Nutzung der Waldschneise und seiner Umgebung. Die Besuchergänge wurden an zwei Standorten im Gebiet durch automatische Zählstellen stündlich und richtungsgetreunt erfasst. Damit wurde der Saison- und Tagesgang pro Standort, sowie Unterschiede zwischen Werktagen und Wochenenden bestimmt. Zusätzlich erfassten wir mittels automatischer Kameras an sechs routenspezifischen Standorten, die Gruppenzusammensetzung und die Ausübung der Sportart. Mit der Auswertung der Kamerabilder referenzierten wir zudem die Daten der automatischen Zählgeräte und erstellten eine Übersicht über die absoluten Besucherzahlen am jeweiligen Standort. In einem Regressionsmodell wurde zudem der numerische Zusammenhang zwischen den Besucherzahlen und Wetterparametern (Temperatur, Niederschlag, Sonnenscheindauer) sowie zeitlichen Faktoren (Ferien, Wochentage, Lockdown) quantifiziert. Schliesslich wurden Vergleiche zu bestehenden Daten gezogen, um Veränderungen der Besuchernutzung abschätzen zu können.

Die kanalisierende Wirkung der forstlichen Aufweitung der Waldschneise Era da la Bescha / Funtauna Grossa konnte mit den verwendeten Methoden bestätigt werden. Von den insgesamt 537 verzeichneten Skispuren der Gegenhang-Aufnahmen führten lediglich 4 an einer anderen Stelle in den Wald hinein. Dies zeigen auch die Zahlen der automatischen Kameras, welche im Zeitraum vom 05. Dezember 2019 bis 16. März 2020, von den ca. 1400 gezählten Aufstiegen (Tourengewandene) von Fuldera und Tschieriv aus, ebenso viele in der Abfahrt auf einem der beiden Waldschneisen-Abschnitten detektieren konnte. Die durchschnittliche Gruppengrösse betrug vier Tourengewandene oder drei Wanderende mit Schneeschuhen, wobei die Tourengewandenen in fast allen Fällen den grössten Anteil (bis 95 %) ausmachten. Wandernde mit Schneeschuhen machten dort die Mehrheit aus, wo der Weg flach und gangbar ist (Strasse nach Alp Sadra), blieben aber in der absoluten Anzahl am Standort K3 weit unter demjenigen Maximum der Tourengewandenen am Standort K4 (244 zu 1431; Auf- und Abstiege zusammengenommen). Die Nutzungsverteilung ist im Aufstieg zwischen der Alp Sadra und Era da la Bescha ausgeglichen, in der Abfahrt wird die Waldschneise Era da la Bescha laut den automatischen Kameras und Zählgeräten leicht bevorzugt. Das Ende der Tour stellt dann jedoch doppelt so häufig Fuldera dar. Der Tagesgang aus der Auswertung der automatischen Zählgeräte weist darauf hin, dass eine allfällige Störung der Wildtiere höhenabhängig ist. Am Standort P4 in der Waldschneise auf 1994 m ü. M. entspricht ein Wintersporttag einem Zeitfenster zwischen 08:00 und 17:00 Uhr, weiter unter am Standort P1 nahe Tschieriv auf 1703 m ü. M. beginnt der Tag bereits um 06:00 Uhr, endet aber ebenso um ca. 17:00 Uhr. Die Frequenzspitzen sind aufwärts um 09:00/10:00 Uhr erreicht, abwärts bewegen sich die meisten Tourengewandene an diesen Standorten um 13:00 Uhr. Im Modell ergab sich ein signifikanter negativer Einfluss des Lockdowns im Frühling auf die Besucherzahlen; andere Parameter und Faktoren waren nicht signifikant. Obwohl leicht positive Trends auf die Besucherzahlen durch gutes Wetter und Ferien zu erkennen sind, kann man davon ausgehen, dass diesen in der Wintersaison 2019/2020 keine bedeutende Rolle zukam. Es wurden durchschnittlich 111 Besuchende (Tourengewandene & Wandern mit Schneeschuhen) pro Woche festgestellt, was im Vergleich mit den Aufnahmen aus dem Jahr 2011, ohne den Einfluss des Wetters zu berücksichtigen einem Anstieg von 29 % entspricht.

Der aktuelle Schutz der empfohlenen Wildruhezone vor übermässiger Störung durch Wintersportler im Bereich Las Jondas, darf mit der kanalisierenden Wirkung zweier Waldschneisen als gelungen angesehen werden. Direkte Abfahrten indes vom Piz Dora Gipfel durch den Wald nach Tschieriv, welche nicht der empfohlenen Routen folgten, wurden durch die Methodik der Gegenhang-Aufnahmen nicht gänzlich erfasst. Das Einhalten der groben Routenführung durch die Tourengewandenen bleibt daher wichtig. Die Kommunikation und Besucherinformation der geltenden Regeln (z.B. Respektiere deine Grenzen) könnte an den Ausgangspunkten (Parkplätzen) verstärkt werden, insbesondere im Hinblick der erwarteten steigenden WintersportlerInnen im Tourenbereich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
1.1. Ausgangslage, Fragestellung und Ziele	2
1.2. Untersuchungsgebiet	3
<b>Methoden</b> .....	<b>4</b>
2.1. Monitoring	4
2.2. Details zur Datenerhebung	5
2.2.1. Gegenhang-Aufnahmen	5
2.2.2. Wetterdaten	5
2.2.3. Automatische Zählgeräte	5
2.2.4. Automatische Kameras	6
2.3. Auswertung der Daten	6
2.3.1. Gegenhang-Aufnahmen	6
2.3.2. Automatische Zählstellen	7
2.3.3. Automatische Kameras	7
2.3.4. Zusammenhang Besucher & Wetter	8
<b>Resultate</b> .....	<b>9</b>
3.1. Gegenhang-Aufnahmen	9
3.2. Beziehung Zählstellen und Kameras	11
3.3. Automatische Zählgeräte	12
3.3.1. Saisongang	12
3.3.2. Wochengang	13
3.3.3. Werktag und Wochenende	13
3.3.4. Richtungsverteilung	14
3.3.5. Tagesgang	14
3.4. Automatische Kameras	15
3.5. Zusammenhang Besucher & Wetter	17
<b>Diskussion Besuchermonitoring</b> .....	<b>19</b>
4.1. Gegenhang-Aufnahmen	19
4.2. Automatische Zählgeräte	19
4.3. Automatische Kameras	20
4.4. Zusammenhang Besucher & Wetter	20
<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>21</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>22</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>23</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>23</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>25</b>

# Einleitung

## 1.1. Ausgangslage, Fragestellung und Ziele

Der Sport in der Schweiz boomt. Insbesondere das Tourengehen (Skitouren, Snowboardtouren und Schneeschuhlaufen) hat in den letzten Jahren an Popularität gewonnen. Der Anteil dieser drei Sportarten an der Gesamtbevölkerung hat gegenüber 2014 um 2.6 % (ca. 180'000 SportlerInnen) zugenommen und macht nun gesamthaft 6.5 % oder ca. 450'000 SportlerInnen aus (Platz 13, der in der Schweiz ausgeübten Sportarten (Lamprecht et al., 2020)). Neben Wandern, Radfahren und Schwimmen befindet sich das Tourengehen (Ski-, Snowboardtouren und Schneeschuhlaufen) also unter den fünfzehn populärsten Sportarten. Diese Entwicklung scheint Hand in Hand zu gehen mit der Vermarktung outdoor-spezifischer Sportartikel sowie stetigen Innovationen der Branche.

Die steigende Popularität der Sportart ist auch im Val Müstair spürbar und aus touristischer Sicht durchaus erwünscht. Bekannte Touren-Berge wie beispielsweise der Munt Buffalora, der Piz Turettas oder Piz Daint und Piz Dora sind über die Ofenpassstrasse leicht mit dem ÖV oder dem Auto erreichbar und locken mit ihren unberührten Hängen jedes Jahr Tourengehende und Schneeschuhlaufende an. Mit der steigenden Anzahl Tourengehender steigen aber auch die nutzerspezifischen Herausforderungen im alpinen Raum (Rupf et al., 2019). Insbesondere die im Winter ruhebedürftigen Wildtiere sind durch die immer weitläufigeren Aktivitäten des Menschen in unberührten Landschaften einem erhöhten Stress ausgesetzt (Ingold, 2005). Während die Mehrheit der Ski- und Snowboardfahrenden an Pisten und deren Anlagen gebunden sind, bewegen sich die Tourengehenden in abgelegeneren Gebieten mit minimalen Infrastruktur-Anforderungen. Wie Untersuchungen zum Auerwild zeigten, führt dabei die flächige Ausdehnung der Aktivitäten zu Konflikten und einer Verkleinerung der ungestörten Wildtier-Lebensräume (Jäger et al., 2020).

Um die räumlichen Auswirkungen dieser Entwicklung auf einen lokalen Auerwild-Lebensraum am Nordhang des Piz Dora abschätzen zu können, lancierte die Biosfera Val Müstair zusammen mit der ZHAW 2009 das Projekt «Mafreina (Rupf et al., 2011). Das Ergebnis der GPS-Auswertung von 550 Ski- oder Snowboardtouren zeigte die räumliche Überlagerung der begangenen Touren mit dem sensiblen Lebensraum, was auf eine erhebliche Störung schliessen liess. Um den Schutz des Auerwildes zu verbessern, schied die Gemeinde Val Müstair daraufhin, eine Wildruhezone mit Empfehlungscharakter (gelb) aus, welche aufgrund des erkannten Nutzungsmusters der Untersuchung aus dem Jahr 2011, an der stärkst-frequentierten Stelle ein Durchgang für Wintersportler lässt. Die Waldschneise wurde 2018 forstlich verbreitert und hat den Zweck die Tourengehenden zu kanalisieren und von der Abfahrt im Wald abzuhalten.

Um die Wirkung dieser forstlichen Massnahmen zu überprüfen und die Entwicklung dieser Winter-Sportarten in der Region Val Müstair quantitativ begleiten zu können, braucht es auch weiterhin ein lokal angepasstes Besuchermonitoring. Im Auftrag der Biosfera Val Müstair untersuchte die Forschungsgruppe Umweltplanung in der Wintersaison 2019/2020 deshalb die räumliche Wintersport-Nutzung des Nordhanges Piz Dora.

Folgende Ziele wurden dazu innerhalb des Projekts verfolgt:

- Die Wirkung der Ausholzungs-massnahmen als Besucherlenkungs-massnahme zwischen Era da la Bescha und Funtauna Grossa ist, in Bezug auf die unerwünschte Durchquerung der Wildruhezone Las Jondas / Funtaunas / Alp Sadra, bei Skitouren auf den Piz Dora aufgezeigt.
- Die Biosfera Val Müstair ist aufgrund der Resultate in der Lage, weitere Informations- und Besucherlenkungs-massnahmen zu planen und zu realisieren.

Weiter sollen in der Untersuchung folgende Punkte geklärt werden:

- Ermittlung der Anzahl WintersportlerInnen und der zeitlichen Verteilung auf den Piz Dora / Piz Turettas auf den wichtigsten Abschnitten
- Eruierung der Aktivitätsarten und der Gruppenzusammensetzungen
- Abschätzung der Entwicklung des Skitourenaufkommens in den letzten zehn Jahren

## 1.2. Untersuchungsgebiet

Das im östlichsten Teil der Schweiz gelegene Münstertal erstreckt sich vom Ofenpass bis zur italienischen Grenze. Mit einer Länge von 26 km und einer Fläche von fast 200 km<sup>2</sup> beherbergt es rund 1500 Einwohner (Stand 2012) (Gemeinde Val Müstair, 2020a). Es wird überwiegend romanisch gesprochen (78 %), während der restliche Teil der Bevölkerung deutsch oder italienisch spricht (Gemeinde Val Müstair, 2020b). Mit dem Ofenpass bildet das Münstertal eine der wenigen bewaldeten Verbindungen zwischen den Süd- und den Zentralalpen (Gemeinde Val Müstair, 2020a). Das Klima liegt im Bereich der kontinental geprägten inneralpinen Trockenzone mit durchschnittlich 5.6° C Jahrestemperatur und 800 mm Jahresniederschläge auf 1400 m ü. M. Der tiefste Punkt liegt in Müstair bei 1225 m ü. M., der höchste Punkt bildet der Gipfel des Piz Murtaröl mit 3180 m ü. M. (Gemeinde Val Müstair, 2020a).

Die Berge Piz Dora (2951 m ü. M.) und Piz Turetts liegen zwischen dem Münstertal im Norden und dem Val Mora im Süden. Auf die beiden Nordhänge führen zwei Ski- und Snowboardtouren Routen, welche von Tschieriv und Fuldera aus durch die Waldlichtungen Sadra bzw. Funtauna Grossa und weiter über die Alp Sadra und die Alphütten Era da la Bescha führen. Der Verlauf der Routen sowie die betroffene Wildruhezonen mit Empfehlungscharakter (gelb) Las Jondas / Funtaunas & Alp Sadra (Nr. 984505.00 & Nr. 984506.00), mit dem Durchgang für die Route 573 ist in Abbildung 1 ersichtlich.

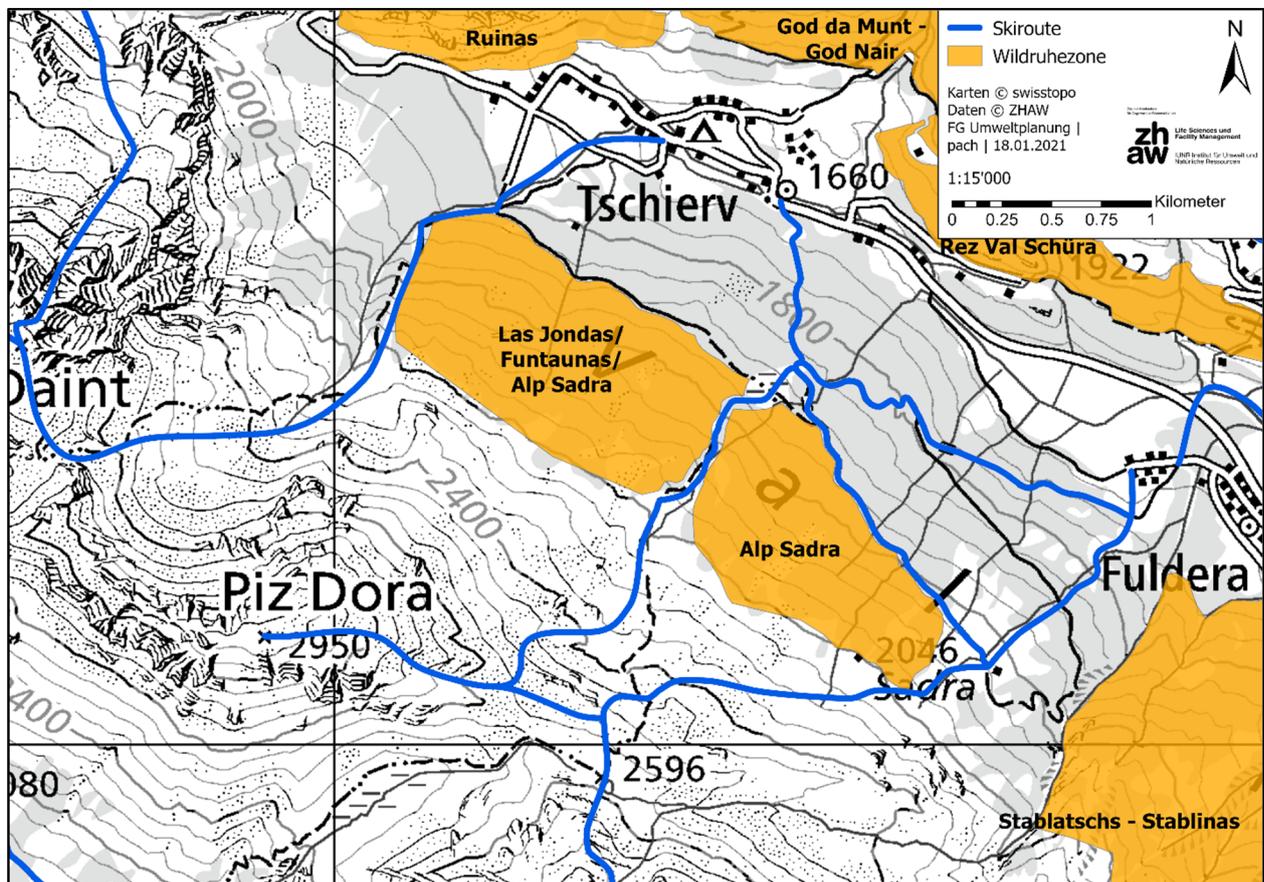


Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiet am Piz Dora mit den Wildruhezonen und Skirouten (ZHAW, 2020).

## Methoden

### 2.1. Monitoring

Zur Quantifizierung der Besucherzahlen in der Wintersportsaison 2019/2020 innerhalb des Perimeters wurden drei Methoden (Gegenhang-Aufnahmen, automatische Kameras, autom. Zählstellen) angewandt. Die Gegenhangaufnahmen decken den gesamten befahrbaren Hang des Piz Dora ab und wurden von Lü Daint oder der Langlaufloipe aus aufgenommen.

Die Standorte der Kameras und Zählstellen sind entlang der beiden offiziell empfohlenen Skitouren-Routen von Tschierv und Fuldera auf den Piz Dora und Piz Turettas (SAC, 2020) lokalisiert (Abbildung 2). Räumliche Verschiebungen von Skitourengehenden können so erkannt werden. Zur Eichung und Extrapolation decken die automatischen Zählstellen jeweils einen Standort der automatischen Kameras ab.

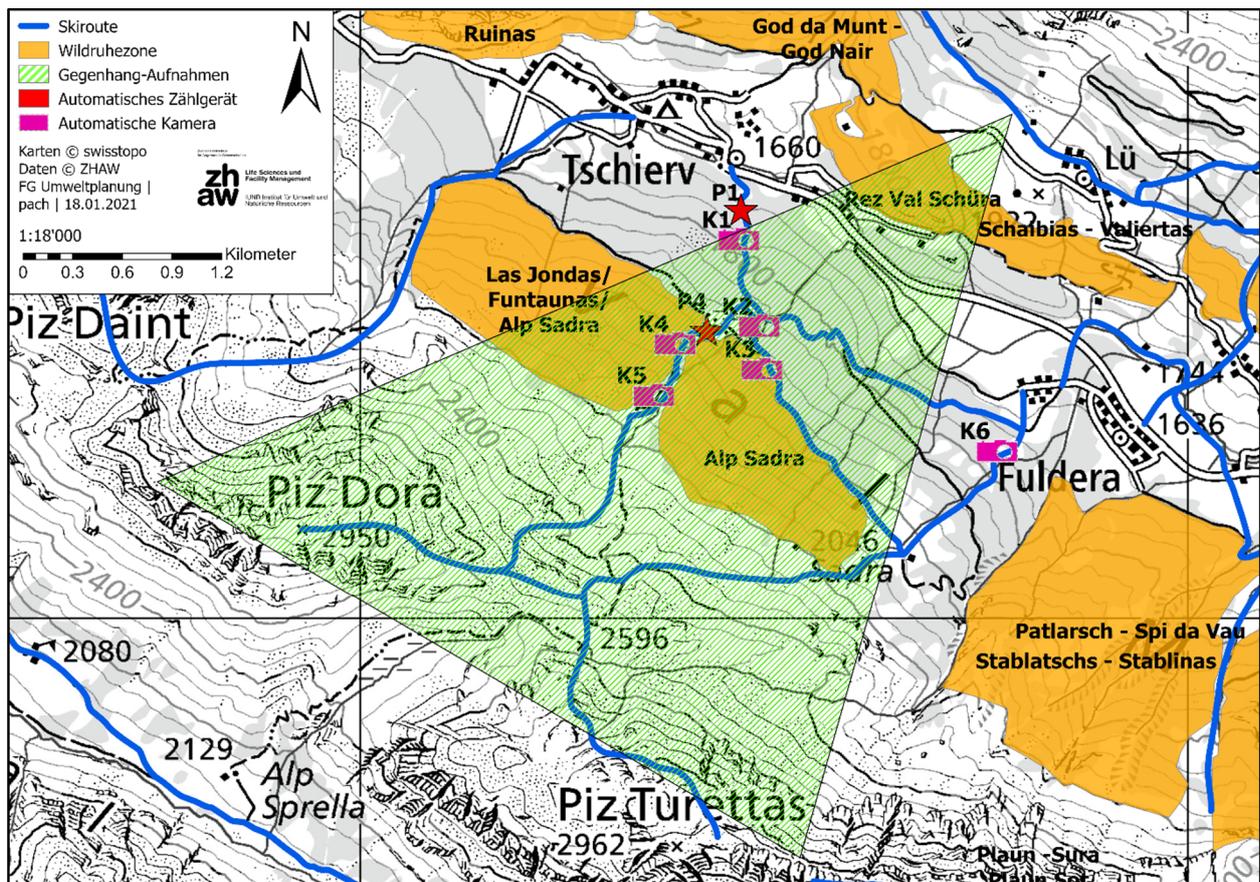


Abbildung 2: Standorte der drei angewendeten Methoden zur Quantifizierung der Besuchernutzung. Insgesamt wurde an sechs verschiedenen Standorten automatische Kameras (K, pink) moniert, zwei davon mit zusätzlichen Zählgeräten (P, rot). Die Gegenhangaufnahmen erfolgten vom jeweils gleichen Standort bei Lü Daint oder der Langlaufloipe (grünes Dreieck) auf etwa 1915 m ü. M. (ZHAW, 2020).

## 2.2. Details zur Datenerhebung

### 2.2.1. Übersicht Besuchermonitoring-Methoden

Die drei Methoden wurden an unterschiedlichen Standorten und Daten im Gebiet des Piz Doras ausgeführt, um ein vollständiges Bild der Besuchernutzung am Piz Dora zu generieren. Eine Übersicht bietet Tabelle 1.

Tabelle 1 Aufnahme datum und Bezeichnung der drei Besuchermonitoring-Methoden im Winter 2019/2020 am Piz Dora. Die Standorte der verschiedenen Methoden sind zusätzlich in Abbildung 2 ersichtlich.

Methoden	Datum	Bezeichnung	Standort	Koordinaten (GNSS)
Gegenhang Aufnahmen	09.02.2020			
	12.03.2020	GH	Lü Daint, Langlaufloipe in Lü	2'824'125, 1'167'910
	16.03.2020			
Automatisches Zählgerät		P1	Tschier - Funtauna Grossa	2'822'287, 1'167'504
		P4	Funtauna Grossa – Era da la Bescha	2'821'944, 1'166'686
Automatische Kamera	05.12.2019 bis	K1	Tschier - Funtauna Grossa	2'822'287, 1'167'504
		K2	Fuldera - Funtauna Grossa	2'822'468, 1'166'835
	05.06.2020	K3	Funtauna Grossa - Sadra	2'822'482, 1'166'541
		K4	Funtauna Grossa - Era da la Bescha	2'821'944, 1'166'686
		K5	Funtauna Grossa - Era da la Bescha	2'821'751, 1'166'286
		K6	Fuldera - Sadra	2'823'904, 1'165'989

### 2.2.2. Gegenhang-Aufnahmen

Die Gegenhang-Aufnahmen wurden an zwei schönen Tagen im Februar / März 2020 durch den Wildhüter im Val Müstair, Jon Gross durchgeführt sowie dem an einem Tag von Yves Schweizer von der Biosfera Val Müstair (Tabelle 1). Dabei orientierten wir uns an kürzlich vergangenem Schneefall (Neuschnee), um alte Spuren möglichst nicht mit-zuzählen. Für die hochaufgelösten Bilder wurde eine Kamera mit grossem optischem Zoom (Teleobjektiv) benutzt. Damit die schneebedeckten Flächen auf den Aufnahmen nicht kontrastlos erscheinen, wurden Belichtung und Weiss-abgleich manuell vorgenommen. Für die Nachbearbeitung der Bilder zu einem Panorama wurde eine Überlappung von mindestens 25 % angestrebt.

### 2.2.3. Wetterdaten

Die meteorologischen Daten stammen von der Wetterstation Sta. Maria / Val Müstair (SMM, 1388 m ü. M.) und konnten über die Plattform «IDAWEB» bezogen werden. Zur Verfügung gestellt wurden die Daten von MeteoSchweiz, dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie. Für die Analyse der Gegenhang-Aufnahmen verwendeten wir die Momentanwerte Gesamtschneehöhe [cm] und Neuschneemenge [cm] jeweils morgens um 5 Uhr sowie das Stundenmittel der Windgeschwindigkeit [km/h] der Station SMM im Zeitraum Februar/März 2020. Der Zusammenhang zwischen Besucher aufkommen und verschiedenen Wetterparameter (Temperatur, Sonnenscheindauer, Niederschlag) wurde ebenfalls mit Daten der Station Sta. Maria berechnet (Tabelle 2).

Tabelle 2 Wetterparameter der Station Sta. Maria im Val Müstair; verwendet für den Zusammenhang mit dem Besucheraufkommen.

Methoden	Parameter	Einheit	Spezifikation
Gegenhang-Aufnahmen	Gesamtschnee	cm	Momentanwert
	Neuschnee	cm	Menge um 05 Uhr
	Windgeschwindigkeit	km/h	Stundenmittel
Regressionsmodell	Niederschlag	mm	Halbtagessumme (6 - 18 Uhr)
	Sonnenscheindauer	min	Tagessumme
	Lufttemperatur	°C	2m über Boden, Tagesmaximum (6 – 18 Uhr)

### 2.2.4. Automatische Zählgeräte

Um die Nutzung der Routen über einen langen Zeitraum zu quantifizieren, verwendeten wir zwei Infrarotzähler des Herstellers Eco Counter (körperwärmeempfindliche Pyro-Box), die in der Lage sind Durchgänge richtungstrennt zu erfassen (Abbildung 2). Die Geräte wurden ca. 80 cm über dem Boden an Bäumen rechtwinklig entlang der Route installiert (Abbildung 3). Sie übertragen erhobene Daten täglich via GSM an einen Server, von dem sie abgerufen werden können. Personendaten wurde keine erhoben.



Abbildung 3 Automatisches Zählgerät (roter Kreis) auf ca. 80 cm Höhe entlang der Ski- und Snowboardtouren Route Tschierv - Piz Dora (ZHAW, 2020).

## 2.2.5. Automatische Kameras

Um die ausgeübte Sportart zu erfassen, statteten wir die Routen zusätzlich mit sechs infrarotgesteuerten Kameras des Herstellers Reconyx aus (Abbildung 4). Die Standorte entsprechen in zwei Fällen denjenigen der automatischen Zählgeräte und in weiteren vier Fällen stellen sie andere, strategisch wichtige Durchgangspunkte auf den Routen von Tschierv und Fuldera auf den Piz Dora dar (Abbildung 2). Um den Datenschutz zu garantieren, wurden die Kameras mit einem Schloss gegen Diebstahl gesichert. Vor der internen Analyse der Fotos werden sie zudem mit einem Unschärfe-Filter belegt. Die Wegnutzer wurden mittels Informationsschildern auf die automatischen Kameras und deren wissenschaftlichen Zweck hingewiesen. Nach einer Veränderung der Routenführung (Spuren der Vorgänger) am Standort 1 entschieden wir uns für einen geringfügigen Wechsel des Kamerastandorts ab dem 17. Februar 2020.



Abbildung 4 Automatische Kamera mit Diebstahlsicherung entlang der Ski- und Snowboardtouren Route Tschierv - Piz Dora (ZHAW, 2020).

## 2.3. Auswertung der Daten

### 2.3.1. Gegengang-Aufnahmen

Die Bilder wurden mittels der Funktion «PhotoMerge» (Adobe Photoshop 2020) zu einem Panoramabild zusammengefügt. Am 08.02.2020 wurden dafür 20 Bilder, am 12.03.2020 und am 16.03.2020 114 respektive 66 Bilder verwendet. Auf Grund der Bildqualität und der teils kontrastarmen Bildinhalte war es nicht immer möglich innerhalb des automatisierten Prozesses eine komplette Abbildung des Piz Dora Nordhangs zu generieren (Abbildung 5). Daher wurden einzelne Abschnitte manuell zusammengesetzt. Eine Musteraufnahme des gesamten Hangs diente dabei als Vorbild. Über den Online-Kartendienst von Swisstopo ([www.maps.geo.admin.ch](http://www.maps.geo.admin.ch)) wurde in der 3D Darstellung ein vergleichbares Abbild der Gegengang-Aufnahmen als JPG exportiert und die Anzahl Spuren auf bzw. abseits der Piste sowie die Bewegungsrichtungen mittels der Software PDF-XChange Editor direkt darin visualisiert.



Abbildung 5: Automatisch generierte Gegenhang-Aufnahme des Piz Dora Nordhang vom 16.03.2020 mit Adobe Photoshop (ZHAW, 2020).

### 2.3.2. Automatische Zählstellen

Die Daten der automatischen Zählgeräte wurden mit R Studio (R Core Team, 2020) und den R-Packages «data.table» (Dowle & Srinivasan, 2020), «lubridate» (Grolemund & Wickham, 2011) sowie «tidyverse» (Wickham et al., 2019) ausgewertet. Bei der Aufbereitung der stundenbasierenden Zählraten wurden nur ganze Tage berücksichtigt, die Tage der Montage bzw. Demontage wurden ausgeschlossen. Nach einer optischen Überprüfung der Datenpunkte mit einem Scatterplot, schlossen wir einzelne, unrealistische Werte aus.

Die Randzeiten beider Zählgeräte wurden mit den Kamera-Daten der entsprechenden Standorte (K1 bzw. K4) überprüft und daraus den zeitliche Besuchernutzung bestimmt. Am Standort P1 wurden Daten zwischen 06:00 und 18:00 Uhr (12 Stunden), am Standort P4 zwischen 08:00 und 16:00 Uhr (8 Stunden) ausgewertet. Aufgrund des Höhenunterschiedes von Standort P1 und P4 kommen unterschiedliche Tagesabschnitte der Beobachtung zustande. Ausserhalb dieses Zeitabschnitts wurden am Standort 1 zwei Besucher registriert, hauptsächlich aber Wildtiere, welche so ausgeschlossen werden konnten.

Für beide Standorte wurden die richtungstrennten Summen sowie die prozentuale Verteilung berechnet und dargestellt. Ebenso wurde der durchschnittliche Tagesgang anhand stündlicher Mittelwerte berechnet und visualisiert. Die stundenbasierten Daten wurden anschliessend zu Tagen aggregiert und die bestbesuchten Tage beider Standorte ermittelt. Mittels der aggregierten Tagesdaten wurde die durchschnittliche Frequentierung einzelner Wochentage im saisonalen Verlauf errechnet und dargestellt. Ebenso wurde die Verteilung der Besuchenden auf Werkstage und Wochenendtage untersucht und als Boxplot dargestellt. Der Saisongang der Besuchenden wurde mittels Scatterplots dargestellt. Darüber wurde mit der Methode «loess» und einer nicht-parametrischen Regression (Wickham et al., 2019) eine geglättete Linie inklusive grau hinterlegtem Fehlerbereich gelegt. Ebenso wurden relevante Ferienzeiten in der Grafik farblich hinterlegt.

Anhand der Auswertung der automatischen Kameras K1 bzw. K4 wurde eine Überprüfung der automatischen Zählgeräte durchgeführt und ein Korrekturfaktor ermittelt. Dieser wurde in der Auswertung angewendet.

### 2.3.3. Automatische Kameras

Im Abstand von ca. zwei Monaten wurden die Bilder der automatischen Kameras vor Ort lokal gesichert und anschliessend auf den Server der Forschungsgruppe Umweltplanung hochgeladen. Der Bildinhalt wurde nach dem Sichern bzw. vor der Analyse mithilfe eines vollständig automatisierten Prozesses mit Photoshop bearbeitet, damit keine datenschutzrelevanten Details erkannt werden können. Mit der Auswertung der Bilder der sechs verschiedenen Kamera-standorte nach Aktivität konnten wir die Nutzung des Gebietes nachvollziehen (Häufigkeit, Gruppenzusammensetzung, Sportart) und gleichzeitig die Zählgeräte validieren. Es wurde erfasst zu welcher Uhrzeit, in welche Richtung (bergauf/bergab) wie viele Personen welche Sportart ausführten.



Abbildung 6: Ergebnis des Unschärfe-Prozesses mit Adobe Photoshop einer Aufnahme der automatischen Kamera am Standort 1 am Piz Dora. Die Sportart und Bewegungsrichtung bleiben erkennbar (ZHAW, 2020).

#### **2.3.4. Zusammenhang Besucher & Wetter**

Mit einem Zusammenhangs-Modell wurde der Einfluss von Wetterparameter, den Ferien, den Wochentagen sowie des Lockdowns ab dem 16. März 2020 aufgrund der Sars-Cov2-Pandemie auf das Besucheraufkommen am Standort P1 numerisch geprüft. Der Effekt der Kalenderwochen wurde durch die Integration als zufälliger Faktor berücksichtigt (Saisonbereinigung). Ausführliche Informationen zur statistischen Methode finden sich im Anhang.

## Resultate

### 3.1. Gegengang-Aufnahmen

Die kanalisierende Wirkung der forstlichen Aufweitung der Waldschneise zwischen den beiden Auerhuhn-Schutzgebieten auf Tourengehende, konnte mit den Gegengang-Aufnahmen überprüft und bestätigt werden.

Die Wetterstation Santa Maria registrierte drei Tage vor der ersten und sieben bzw. elf Tage vor der zweiten und dritten Gegengang-Aufnahme ein Neuschneeereignis (Abbildung 7). Ab dem 06.03.2020 schmolz die Schneedecke kontinuierlich. Im Tal wurde, durch die Wetterstation Santa Maria, vor und während der Gegengang-Aufnahmen Windgeschwindigkeiten von maximal 4.5 m/s festgestellt.

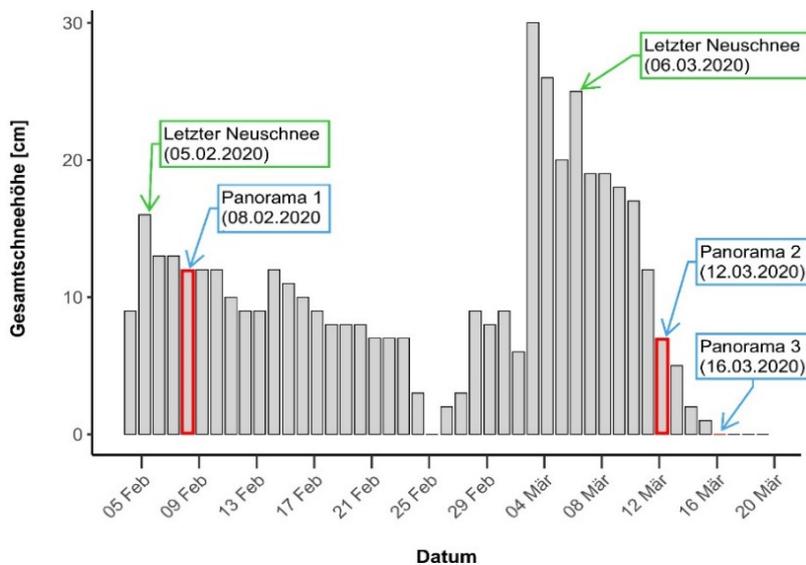


Abbildung 7: Gesamtschneehöhe in cm im Februar und März 2020, gemessen an der Wetterstation Santa Maria (1386 m ü. M.). Zusätzlich relevante Neuschneeereignisse (grüne Textfelder), Zeitpunkt der Gegengang-Aufnahmen (blaue Textfelder) und rot markierte Gesamtschneehöhe zum jeweiligen Zeitpunkt (MeteoSchweiz & ZHAW, 2020).

Anhand der Gegengang-Aufnahmen vom Samstag, **08.02.2020** von 09:00 Uhr konnten insgesamt 66 Spuren von Wintersportlern identifiziert werden (Abbildung 8). Dabei benutzen etwas mehr als die Hälfte der Tourengehenden die Abfahrt durch die Aufweitung Funtauna Grossa (40) und bedeutend weniger die Abfahrt über die Alp Sadra (26). Ausserhalb der offiziellen Routen wurden keine Spuren unterhalb der Waldgrenze gefunden.

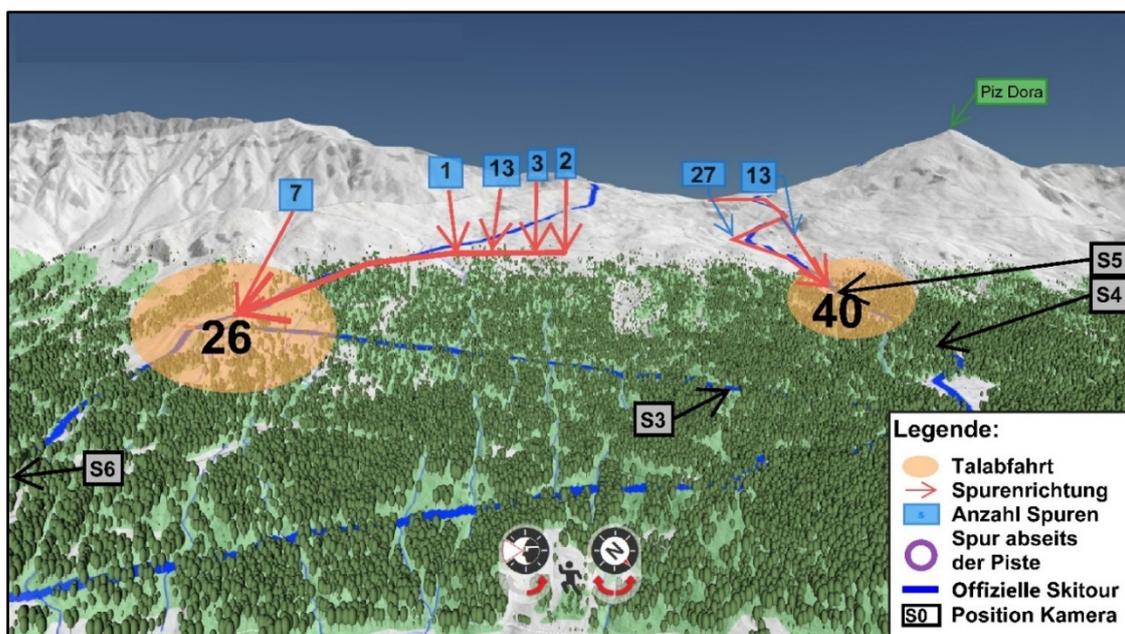


Abbildung 8: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegengang-Aufnahme vom 08.02.2020. Alle Spuren konnten einem der beiden Abfahrtsrouten zugeordnet werden, wobei die Abfahrt nach Tschiers durch die Aufweitung der Waldschneise deutlich häufiger genutzt wurde (ZHAW, 2020).

Die Aufnahmen des Donnerstages, **12.03.2020** wurden um 10:00 Uhr durchgeführt. Insgesamt konnte 216 Spuren festgestellt werden. Auch bei der Aufnahme vom 12.03.2020 zeigt sich deutlich, dass die Abfahrt über die Waldschneise Funtauna Grossa häufiger gewählt wird als die Waldschneise Alp Sadra (123 vs. 93 Spuren, Abbildung 9). In der Mitte der beiden Routen identifizierten wir in einem lückigen Bereich des Waldes eine Spur abseits der empfohlenen Touren (violetter Kreis).



Abbildung 9: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegenhang-Aufnahme vom 12.03.2020. Auch hier wurde die Abfahrt nach Tschiverv häufiger gewählt. Von den 216 gezählten Spuren führte eine abseits der empfohlenen Routen (ZHAW, 2020).

Aufnahmezeitpunkt der letzten Serie ist der Montag, **16.03.2020** um 15:30 Uhr. Bei der Auszählung konnten die meisten Spuren (255) festgestellt werden, welche diesmal zu 60 % über die Alp Sadra führten (155 Spuren). Drei Spuren konnten ausserhalb der empfohlenen Routen an der lückigen Stelle im oberen Bereich des Waldes ausgemacht werden (Abbildung 10).

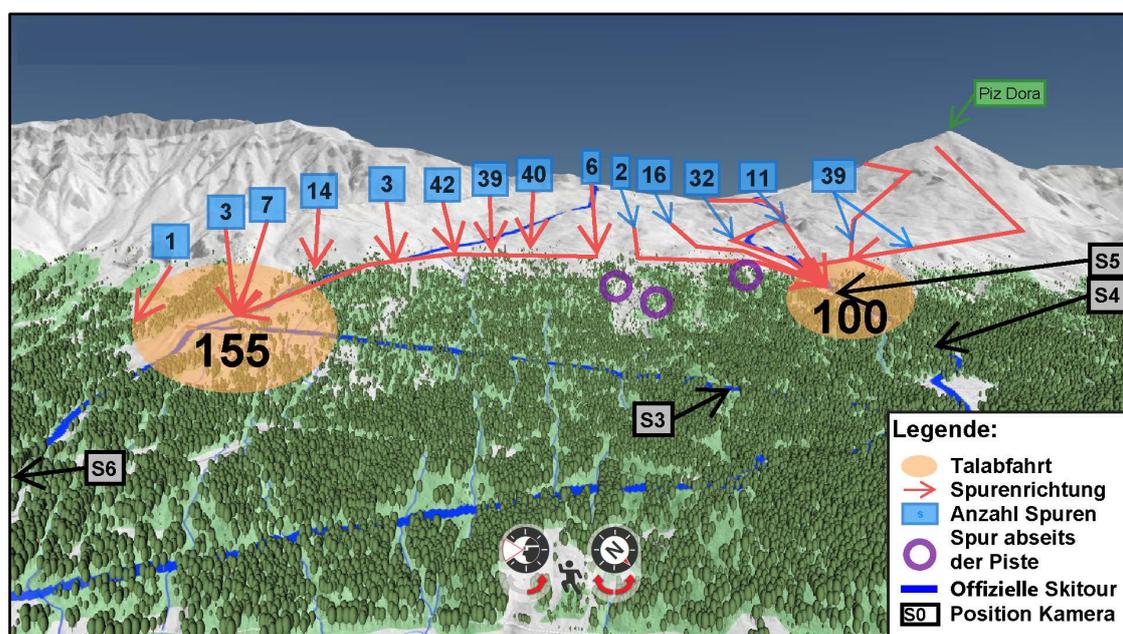


Abbildung 10: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegenhang-Aufnahme vom 16.03.2020. 60 % der Spuren führen über die Abfahrt Alp Sadra, vereinzelt Spuren sind im lückigen Waldteil zwischen den beiden Abfahrten gefunden worden (ZHAW, 2020).

### 3.2. Beziehung Zählstellen und Kameras

Aufgrund der Installation der Zählstellen im Freien kann anhand der Rohdaten nicht ausgeschlossen werden, dass auch Wildtiere oder bewegte Äste im Wind eine Zählung auslösen. Mit Referenzzählungen vor Ort oder über eine Kamera prüfen wir die Robustheit der Daten. Mit der Auswertung der automatischen Kamera liess sich so eine Beziehung zwischen den automatischen Zählstellen und den Kameras an den Standorten P1 und P4 beschreiben.

Die so durchgeführte Referenzkontrolle ergab für beide automatischen Zählstellen, mit einem Bestimmtheitsmass  $R^2$  von 0.94 (P1) und 0.70 (P4), eine sehr gute bis gute Korrelation mit den Kameradaten (Abbildung 11, Abbildung 12). Die weitere Analyse der Zähldaten führten wird demnach mit den beiden Korrekturtermen 0.78 (P1) und 0.72 (P4) durch. Für die Korrelation wurde der Zeitraum von Dezember bis Mitte März betrachtet.

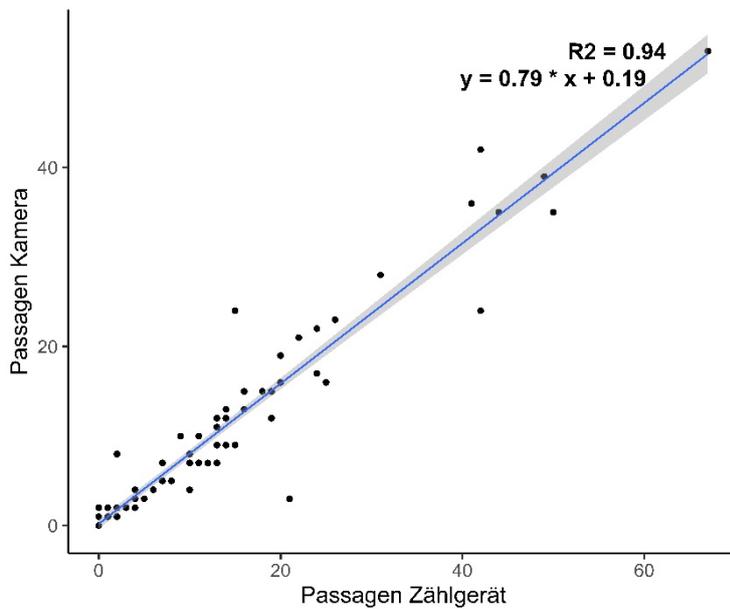


Abbildung 11 Korrelation zwischen den Passagen des automatischen Zählgeräts und denjenigen der Kamera am Standort P1 oberhalb Tschierv (ZHAW, 2020).

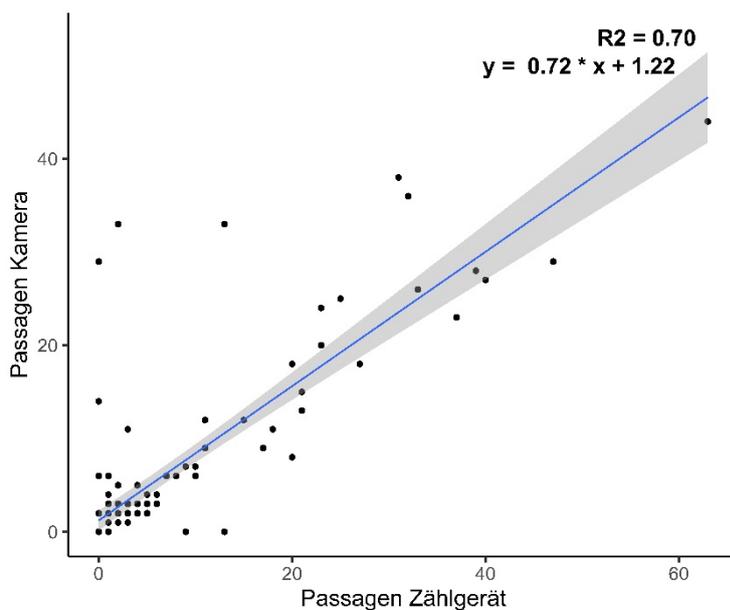


Abbildung 12 Korrelation zwischen den Passagen des automatischen Zählgeräts und denjenigen der Kamera am Standort P4 in der Waldschneise (ZHAW, 2020).

### 3.3. Automatische Zählgeräte

#### 3.3.1. Überblick

Während des Zeitraumes vom 05.12.2019 bis zum 17.4.2020 (Saisonende) wurde am Standort P4 (Funtauna Grossa – Era da la Bescha) 1'725 Passagen erfasst. Mit der Anwendung des oben berechneten Korrekturfaktors ergibt das 1'242 Wintersport-Besuchende in den gezählten 135 Tagen (ca. 9 pro Tag). Zu berücksichtigen ist hier, dass die Untersuchung in die Zeit des Lockdowns im Zusammenhang mit der Sars-Cov2-Pandemie fiel und die Zählungen im März und April fast gänzlich ausblieben (siehe Saisongang). Für die weitere Analyse der Zählungen, wie zum Beispiel die durchschnittliche Frequenz verwendeten wir deshalb den verkürzten Zeitraum von Dezember bis Mitte März (102 Tage). Dies ergab dann für Standort P4 (1202 Passagen) einen Durchschnitt von ca. 12 Personen pro Tag (Auf- und Abwärtsbewegungen).

#### 3.3.2. Saisongang

Während die Besucherzahlen am Standort P1 im März einen kurzen, deutlichen Höhepunkt im März aufzeigen, steigen die Besucherzahlen am Standort P4 bis Mitte Februar kontinuierlich an (Abbildung 13). Bis März bleiben die Besucherzahlen auf ähnlichem Niveau und sinken anschliessend bis sie Mitte April (Saisonende) gegen Null gehen.

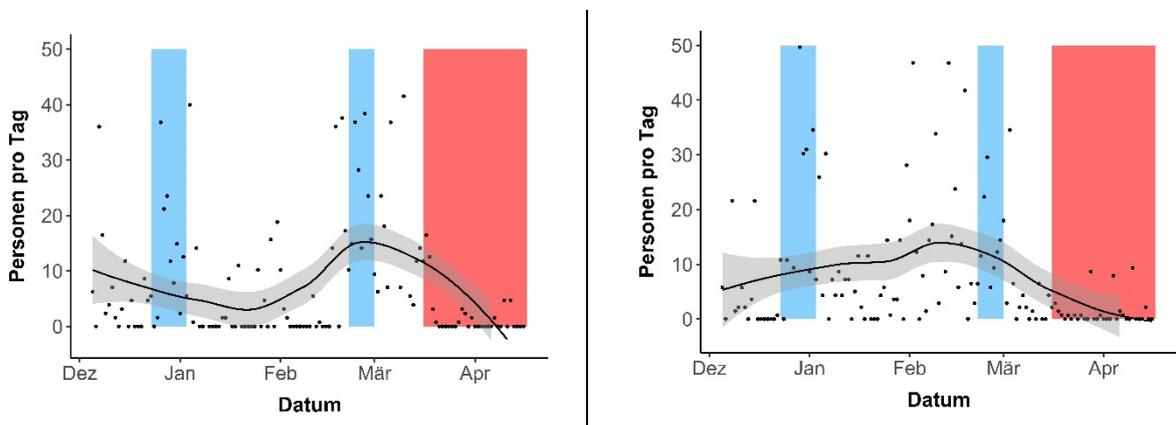


Abbildung 13 Saisonverlauf der absoluten Besucherzahlen (Punkte) und des geglätteten Saisongangs (dicke, schwarze Linie) inklusive dem Fehlerbereich (dunkelgraue Fläche) am **Standort P1 (links)** bzw. dem **Standort P4 (rechts)**. Die blauen Bereiche zeigen die relevanten Ferienzeiträume, die roten den Zeitraum des Sars-Cov2-Pandemie bedingenden Lockdowns (ZHAW, 2020).

### 3.3.3. Wochengang

Grundsätzlich wurden beide Standorte am Wochenende öfters besucht als unter der Woche (Abbildung 14). Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Die Streuung des 50 % Wertebereichs (Box) ist an beiden Standorten gross.

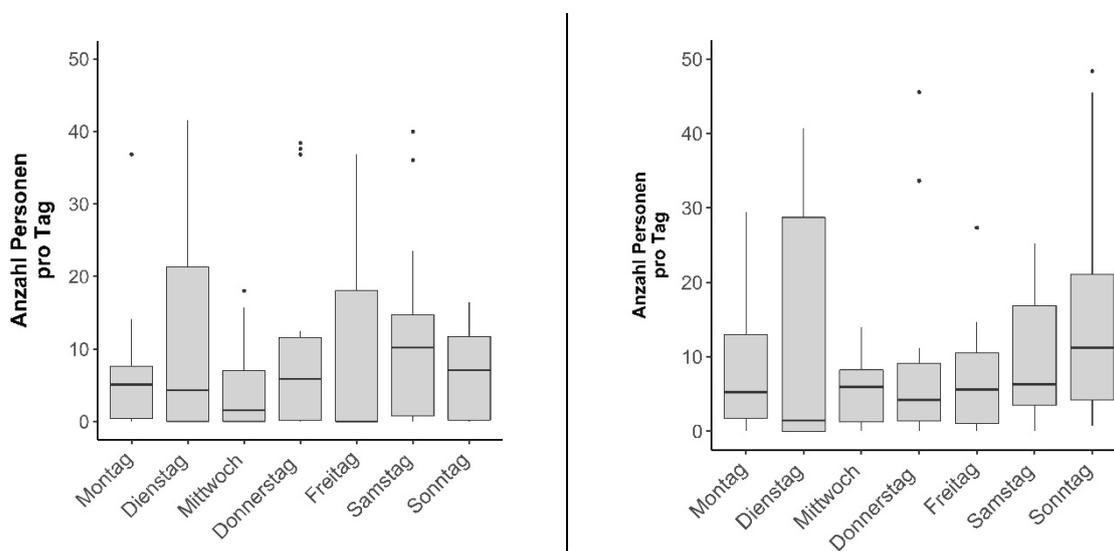


Abbildung 14: Anzahl der Besuchenden am **Standort P1 (links)** bzw. **Standort P4 (rechts)**, verteilt auf die Wochentage. Inklusive Median (fetter Querstrich), Bereich im dem 50 % der Werte liegen (Box), Bereich der Whiskers, welche 75 % der Werte beinhalten (vertikale Linien) sowie Ausreisser (Punkte) (ZHAW, 2020).

### 3.3.4. Werktag und Wochenende

Am Standort P1 unterscheiden sich die Besucherzahlen an Werk- und Wochenendtagen deutlich (Abbildung 15). Obwohl in beiden Kategorien durchschnittlich nicht mehr als 15 Wegnutzende pro Tag an 50 % der Tage registriert wurden, liegt der Median an Werktagen bei 3 und an Wochenendtagen bei 10 Besuchern pro Tag. Am Standort P4 unterscheiden sich die Werte weniger markant. Während am Wochenende der 50 % Bereich etwa ein Drittel höher als an Werktagen liegt, fällt der Median in etwa gleich aus. Hier liegt der Median an Werktagen bei 5 respektive an Wochenendtagen bei 7 Besucher pro Tag.

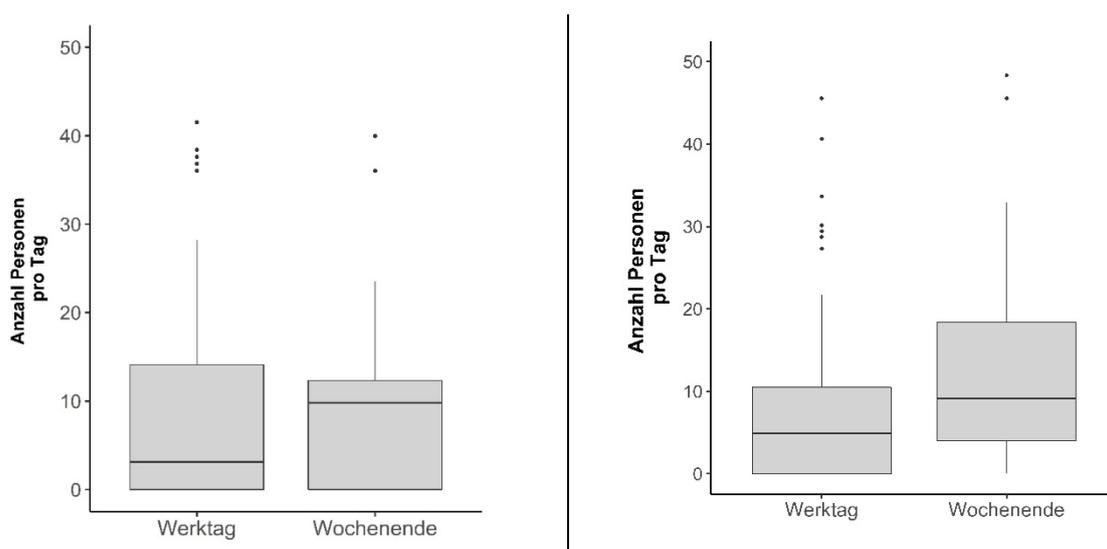


Abbildung 15: Anzahl der Besuchenden am **Standort P1 (links)** bzw. **Standort P4 (rechts)**, verteilt auf Wochenendtage und Werktagen. Inklusive Median (fetter Querstrich), Bereich im dem 50 % der Werte liegen (Box), Bereich der Whiskers, welche 75 % der Werte beinhalten (vertikale Linien) sowie Ausreisser (Punkte) (ZHAW, 2020).

### 3.3.5. Richtungsverteilung

Am Standort P1 bewegten sich 69 % der Besucher in Richtung bergauf (Abbildung 16). Etwa deren Hälfte (31 %) nutzten den Standort (auch) zur Abfahrt. Beim Standort P4 bewegen sich dagegen mehr Personen bergab (54 %) als bergauf (46 %).

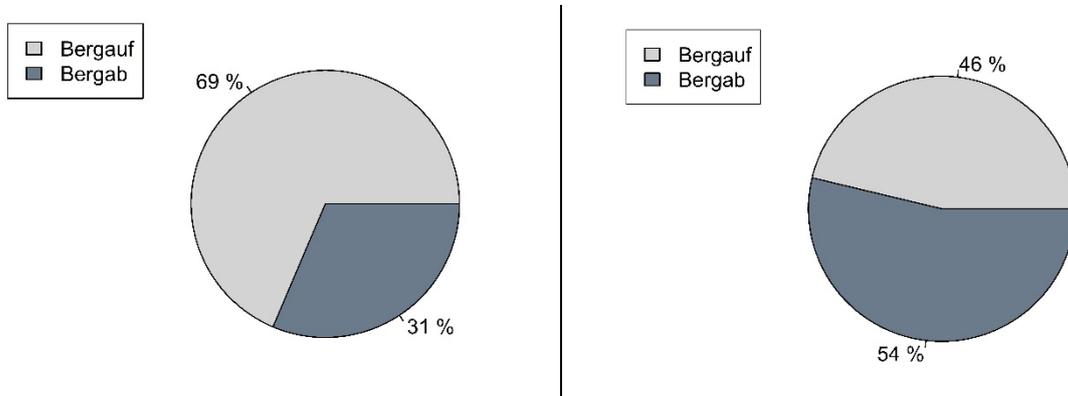


Abbildung 16: Anteile aller Besuchenden am **Standort P1 (links)** und am **Standort P4 (rechts)** richtungsgetrennt (ZHAW, 2020)

### 3.3.6. Tagesgang

An beiden Standorten überlagern sich die jeweiligen Frequenzspitzen der Besucher kaum. Es lässt sich deutlich erkennen, dass jeweils am Vormittag zwischen acht und zehn Uhr die meisten Besucher bergauf unterwegs sind und anschliessend nachmittags vor allem bergabwärts gerichtete Bewegungen erfasst wurden (Abbildung 17). Auffällig ist dennoch, dass sich am Standort P1 wesentlich mehr Personen bergauf bewegen als bergab. Hingegen bewegen sich am Standort P4 etwa gleich viele Personen bergab wie bergauf. Nach 17 Uhr wurden an beiden Standorten kaum noch Personen registriert.

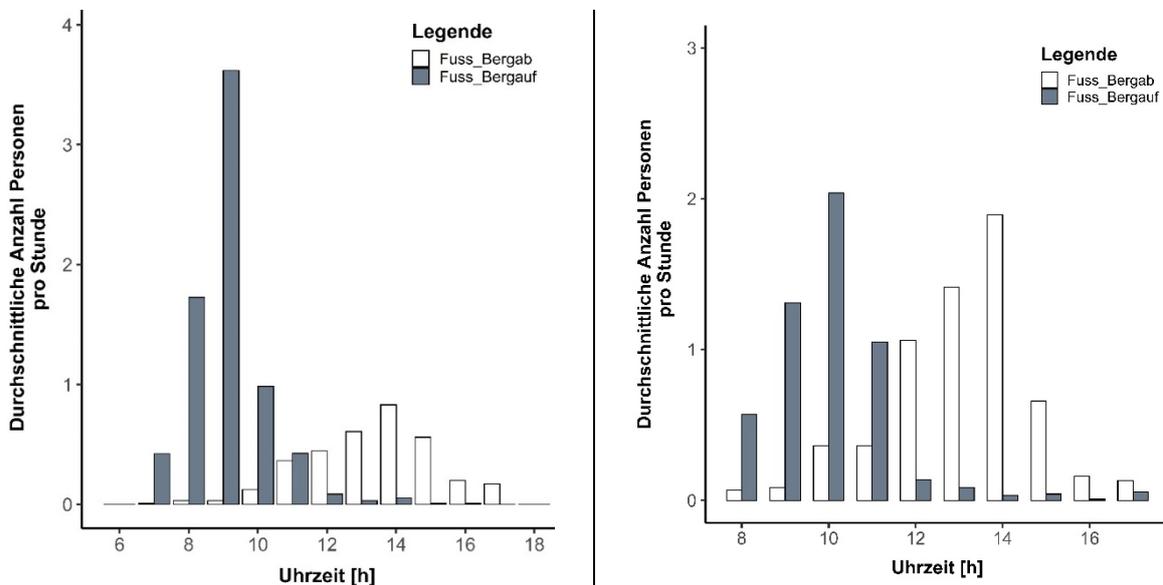


Abbildung 17: Durchschnittlicher, richtungsgetrennter Tagesgang der Besuchenden **am Standort P1 (links)** bzw. **Standort P4 (rechts)** (Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Achsen).

### 3.4. Automatische Kameras

Die Auswertung der Kamerabilder der Standorte K1 bis K6 nach Aktivität über den Zeitraum von 05. Dezember bis zum 16. März (102 Tage) zeichnet ein klares Bild hinsichtlich der ausgeübten Sportart (Abbildung 18, Tabelle 3). Von den aufgenommenen Kategorien Fussgänger (ohne Schneeschuhe), Tiere (Wildtiere), Tourengewandene (Ski, Snowboard, oder beides innerhalb der Gruppe) und Wanderer (mit Schneeschuhen) sind Tourengewandene mit Abstand die häufigsten Besuchenden der beiden Routen. An den Standorten K4, K5 und K6 konnten keine Fussgänger (ohne Schneeschuhe) beobachtet werden. Die durchschnittliche Gruppengrösse nach Sportart betrug 4 Tourengewandene oder 3 Wandernde mit Schneeschuhen. Das kombinierte Besuchermaximum pro Tag (Standort K1, K2 & K6) lag bei 73 Personen, die durchschnittliche Besucherzahl pro Woche bei 111 Personen.

Der Anteil der Tourengewandenen macht auf den meisten Kameras 60 bis 90 % aus, die Zählzahlen bewegen sich dabei zwischen 500 und 1500 (exkl. dem Standort K3 mit nur 129 Tourengewandenen als Ausreisser), was bei einer Aufnahmedauer von 102 Tagen einen Tagesschnitt von 14 Personen (Tourengewandene) ergibt. Die Kamera K3 (Funtauna Grossa - Sadra) weist im Allgemeinen die tiefsten Werte auf, gezählt wurden über den gleichen Zeitraum 8 Fussgänger, 129 Tourengewandene und 239 Wandernde mit Schneeschuhen. Es ist der einzige Standort an dem mehr Schneeschuhgehende als Tourengewandene aufgenommen wurde. Das Wandern mit Schneeschuhen bewegt sich je nach Standort der Kamera mit 44 bis 244 Zählungen zwischen 4 und 53 % der ausgeübten Aktivität.

Hinsichtlich der Richtungsverteilung und Nutzung der beiden Varianten wird ersichtlich, dass durch die Tourengewandenen über beide Routen in etwa gleichhäufig aufgestiegen wurde (K1: 692 und K6: 613 Zählungen). Von den ca. 1200 Aufstiegen in jener Zeit (aufgeteilt nach Standort K1 Tschier - Funtauna Grossa und K6 Fuldera - Sadra), führen ca. 800 über die Waldschneise am Standort K4 (Funtauna Grossa - Era da la Bescha) ab und nur 400 direkt über die Alp Sadra. Ausgeglichen wird diese Bilanz mit der Verbindungsstrasse Funtauna Grossa - Fuldera (K2), wo wiederum ca. 400 abwärtsgerichtete Passagen zu verzeichnen waren. Die Waldschneise zieht also als Abfahrt rund 2/3 der Tourengewandenen im Gebiet Piz Dora an und ist mit 669 gezählten Tourengewandenen auch im Aufstieg beliebt. Weiter ist zu sehen, dass mehr Besuchende nach Fuldera abfahren als nach Tschier (Verhältnis 2:1).

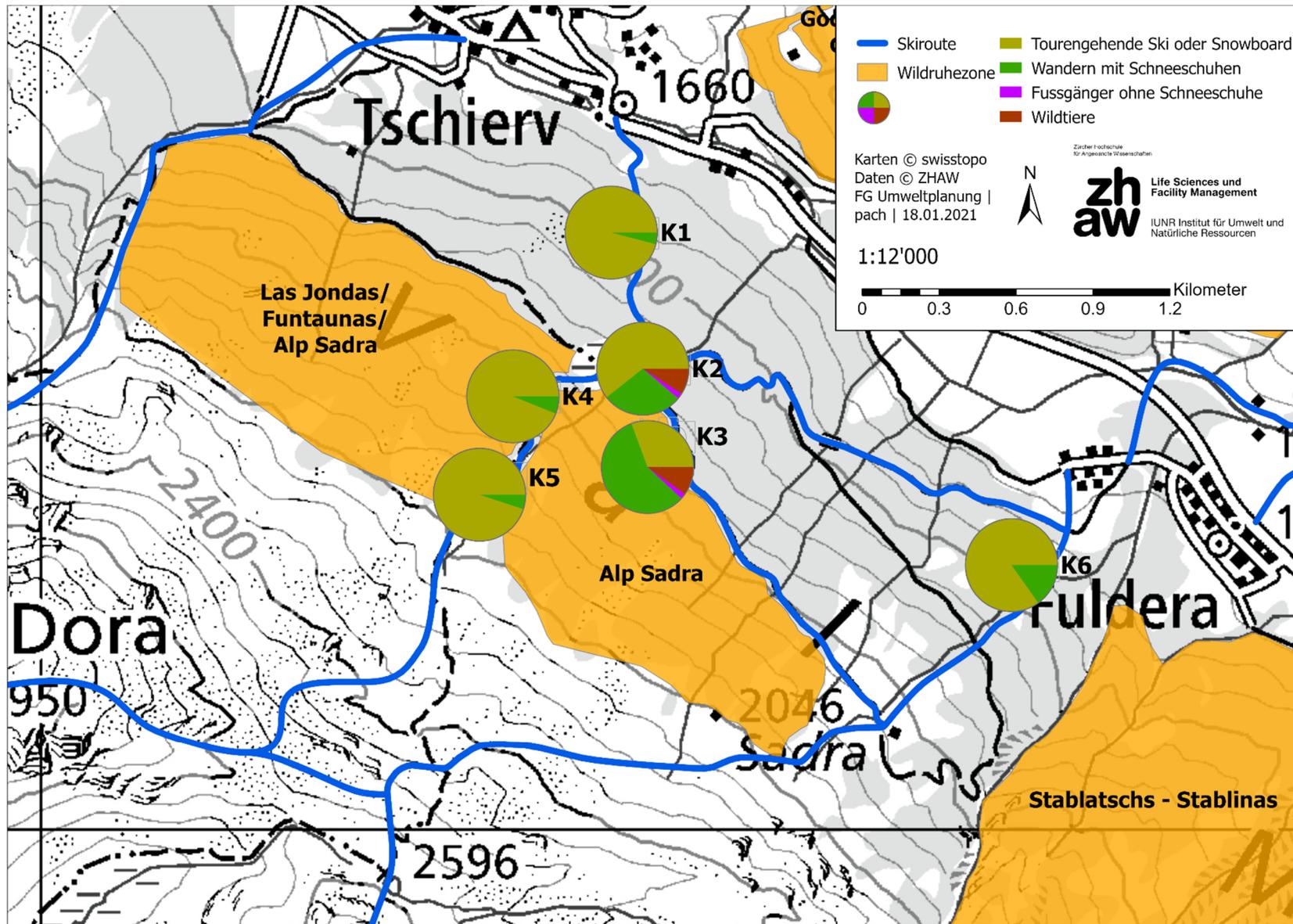


Abbildung 18 Anteil verschiedener Aktivitäten in Prozent ausgezählt an den sechs Kamerastandorten am Piz Dora. Die Tourengehenden machen, ausser am Standort K3, den grössten Anteil aus (ZHAW, 2020).

Tabelle 3 Auswertung der richtungsgetrennten Aktivität nach Standort in absoluten Zahlen und in Prozent während dem 05. Dezember und dem 16. März 2020. Hervorgehoben ist jeweils für jeden Standort die höchste Zählung (ZHAW, 2020).

<b>Standort 1</b>	<b>Total</b>	<b>Auf</b>	<b>Ab</b>	<b>Total [%]</b>	<b>Auf [%]</b>	<b>Ab [%]</b>
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	2	1	1	0.2	0.1	0.1
Tier (Wildtiere)	6	4	2	0.6	0.4	0.2
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	<b>1010</b>	692	318	<b>95</b>	65	30
Wandern (mit Schneeschuhen)	44	24	20	4	2	2
<b>Standort 2</b>						
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	17	10	7	2	1.2	0.8
Tier (Wildtiere)	76	68	8	9	8	1
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	<b>507</b>	106	401	<b>60</b>	12	48
Wandern (mit Schneeschuhen)	239	102	137	28	12	16
<b>Standort 3</b>						
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	8	4	4	2	1	1
Tier (Wildtiere)	40	19	21	10	5	5
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	129	94	35	31	22	8
Wandern (mit Schneeschuhen)	<b>244</b>	171	73	<b>58</b>	40	17
<b>Standort 4</b>						
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	-	-	-	-	-	-
Tier (Wildtiere)	22	13	9	1	0.8	0.6
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	<b>1431</b>	669	762	<b>93</b>	43	50
Wandern (mit Schneeschuhen)	91	49	42	6	3	3
<b>Standort 5</b>						
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	-	-	-	-	-	-
Tier (Wildtiere)	13	9	4	1	0.8	0.2
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	<b>1058</b>	713	345	<b>94</b>	63	31
Wandern (mit Schneeschuhen)	54	35	19	5	3	2
<b>Standort 6</b>						
Fussgänger (ohne Schneeschuhe)	-	-	-	-	-	-
Tier (Wildtiere)	8	3	5	1	0.5	0.5
Tourengehende (Ski, Snowboard, oder beides)	<b>1004</b>	613	391	<b>84</b>	51	33
Wandern (mit Schneeschuhen)	182	70	112	15	6	9

### 3.5. Zusammenhang Besucher & Wetter

Das Zusammenhangs- oder Regressionsmodell weist den Lockdown als einzigen signifikanten Einflussfaktor auf die Besucherzahlen aus (Abbildung 19). Bei den restlichen geprüften Variablen ist im Untersuchungszeitraum die Signifikanz aufgrund eines zu kleinen Einflusses auf die abhängige Variable und hoher Standardfehlern nicht gegeben. Die Tendenz weist zwar auf den positiven Zusammenhang der Besucherzahlen mit steigenden Temperaturen, weniger Niederschlag und Ferien hin, eine abschliessende Beurteilung kann aber getätigt werden (Tabelle 4). Eine visuelle Umsetzung der Tabelle und die statistischen Resultatbeschreibungen findet sich im Anhang.

Tabelle 4 Modellergebnisse des finalen Modells mit den Schätzungen und Standardfehlern aller eingerechneter Faktoren. Die Werte beziehen sich bei den numerischen Faktoren auf die skalierten Werte. Der y-Achsenabschnitt zeigt den Punkt, an dem die vom Modell berechnete Linie die y-Achse (Besuchszahlen, abhängige Variable) schneidet. **Fett** gedruckt sind die signifikanten Schätzungen.

Parameter	Schätzung	Standardfehler	p-Wert	Signifikanz
Temperatur	0.25	0.23	0.408	-
Temperatur <sup>2</sup>	- 0.02	0.17	0.576	-
Niederschlag	- 0.1	0.13	0.415	-
Ferien	0.58	0.46	0.391	-
Lockdown	<b>-1.77</b>	0.56	0.001	<b>***</b>



Abbildung 19 Signifikanter Einfluss des Lockdowns aufgrund der Sars-Cov2-Pandemie auf die Besucherzahlen. Andere untersuchten Faktoren wie Temperatur, Niederschlag oder Ferien wiesen einen zu kleinen Einfluss auf, um signifikant zu sein.

## Diskussion Besuchermonitoring

### 4.1. Gegenhang-Aufnahmen

Mit der Methodik der Gegenhang-Aufnahme lässt sich das räumliche Muster der Spuren von Tourengehenden im Schnee auf einfache Weise nachverfolgen, die Resultate sind dabei nach einem vorausgehenden Neuschneeereignis quantitativ am verlässlichsten. Sind die Neuschnee-Bedingungen nicht gänzlich gegeben, repräsentieren die Aufnahmen das Besucheraufkommen über mehrere Tage.

Im Falle der am 08.02.2020 getätigten Aufnahmen trat das letzte Neuschneeereignis drei Tage zuvor am 05.02.2020 ein (Abbildung 7). Der letzte Schneefall vor den Gegenhang-Aufnahmen vom 12.03. bzw. 16.03.2020 ereignete sich fast sechs bzw. zehn Tage vorher am 06.03.2020. Während dieser Zeit wurde an der Wetterstation in Santa Maria kein Neuschnee gemessen und auch gemäss der Wildhut fiel kein Schnee am Berg. Die ausgezählten Spuren in den Aufnahmen stimmen mit den Daten der automatischen Zählgeräte und den Kameras gut überein, die Methode der Gegenhang-Aufnahmen ist aber hinsichtlich einer zeitnahen Auszählung umständlich. Nebst der etwas aufwändigen Rekonstruktion des Panoramabildes aus den Einzelaufnahmen spielen hierbei die Wetterbedingungen eine bedeutende Rolle. Die Daten der Wetterstationen Santa Maria, welche wir hinzuzogen, liegt mit 1388 m ü. M. um einige hundert Meter tiefer als die Nordhänge des Piz Dora. Sie spiegelt die Wetterbedingungen im Untersuchungsperimeter deshalb nur unbefriedigend wider. Gerade der Wind kann einen starken Effekt auf die Sichtbarkeit der Spuren im Schnee sein, wobei es für Schneeverwehungen eine Windstärke von mindestens 5 m/s benötigt (RCCCM, 2020). Die Daten der Wetterstation Santa Maria weisen zwar nicht auf starke Windereignisse vor und während der Aufnahmen hin, es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass einige Spuren aufgrund des Windes in den Tagen nach dem Schneefall verweht wurden.

In allen drei Aufnahmen konnten insgesamt nur vier Spuren abseits der empfohlenen Routen ermittelt werden. Insbesondere im untersuchten Zeitraum von Februar bis Mitte März 2020 konnte die unerwünschte Durchquerung der Wildruhezonen Las Jondas / Funtaunas und Alp Sadra bei Skitouren auf den Piz Dora oder Turettas nicht festgestellt werden. Die Wirkung der forstlichen Ausholzungsmaßnahmen zwischen Era da la Bescha und Funtauna Grossa zur Lenkung der Wintersportaktivität der Besuchenden scheint damit gegeben. Eine allfällige Präferenz bezüglich einer der beiden Routen ist nicht erkennbar. So zeigt sich am 08.02 und am 12.03.2020 eine deutliche Präferenz der Wintersportler die Abholzung Funtauna Grossa bei der Abfahrt zu benutzen. Am 16.03.2020 hingegen wurde eine deutlich höhere Anzahl Spuren auf der Waldschneise Sadra festgestellt. Mit den Gegenhang-Aufnahmen konnte die kanalisierende Wirkung der Waldschneisen bestätigt werden. Durch die Wildhut wurden indes auch Spuren, welche vom Gipfel direkt nach Tschieriv führten (nördlich der Waldschneise), in der Saison 2019/2020 registriert (pers. Mitteilung Jon Gross, 2021). Aufgrund des Aufnahmewinkels der Gegenhang-Aufnahmen fehlen diese in der vorliegenden Auswertung. In einer weiteren Erhebung könnten diese Spuren auf der quer verlaufenden Waldstrasse durch Zählungen erhoben werden. Die Informationsarbeit rund um das Einhalten der empfohlenen Skirouten bleibt deshalb auch in Zukunft wichtig.

### 4.2. Automatische Zählgeräte

Die automatischen Zählgeräte haben sich bewährt. Wichtig bleibt eine Art von Referenzzählung (hier mithilfe einer zusätzlichen Kamera), um die gezählten Werte überprüfen und mit einem Korrekturterm belegen zu können. Die Korrelation zwischen Zählgeräten und Kameradaten war im vorliegenden Fall hoch und wir können davon ausgehen, dass die Zahlen verlässlich sind. Dennoch bleibt die Standortwahl von zentraler Bedeutung. Im Vergleich der beiden Standorte, schneidet P1 denn auch wesentlich besser ab, was bestätigt, dass unübersichtliche Stellen ohne zwingenden Routenverlauf für Zählstellen weniger gut geeignet sind.

Die Übernachtungen der Hotellerie in der Wintersaison 2019/2020 (ohne Ferienwohnungen) blieben im Val Müstair trotz der Pandemie hoch und veränderten sich nur geringfügig (- 0.1%) gegenüber den Vorjahren (pers. Mitteilung Tobias Cueni, Leiter Gäste-Information Val Müstair). Im Vergleich mit der Gesamtregion Scuol Samnaun Val Müstair, welche einen Einbruch der Logiernächte von 18,7 % verzeichnete, sind diese Zahlen erfreulich (Bundesamt für Statistik, 2020). Während einerseits die Schneeverhältnisse suboptimal waren, ist besonders der durch die Sars-Cov2-Pandemie herbeigeführte Lockdown und die Weisung auf Risikosportarten zu verzichten, am Berg für einen Einbruch der Besucherzahlen im März verantwortlich. Dies zeigt sich deutlich im saisonalen Verlauf der beiden automatischen Zählgeräte (Abbildung 13), wo beide Kurven eine plötzliche steil abfallende Entwicklung gegen Ende des ersten Quartals verzeichnen, nachdem der Lockdown verordnet wurde. Als am 11.05.2020 ein Grossteil der Massnahmen offiziell aufgehoben wurden, zeigte sich gleichzeitig ein leichter Anstieg der Besucherzahlen. Dass die Logiernächte im Val Müstair

trotz des faktischen Verbots von Risikosportarten über das gesamte Jahr gleichblieben, zeigt die hohe Attraktivität des Tales.

Die Auswertung der tageszeitlichen Besuchergänge der Standorte P1 und P4 zeigte ein sich gleichendes Bild der Wegnutzung. Ab 07:00 Uhr stiegen die ersten Besucher die Nordhänge des Piz Dora und Piz Turettas hinauf. Dabei wurden die Frequenzspitzen Richtung bergauf am Standort P1 um 09:00 Uhr und am Standort P4 um 10:00 Uhr erreicht. Ab 11:00 Uhr häuften sich Registrierungen von abwärts gerichteten Besuchenden. Beide Standorte registrieren dann um 13:00 Uhr die meisten Besuchenden, welche sich bergab bewegten. Auffällig ist, dass am Standort P1 deutlich mehr Besucher bergauf (818) als bergab (376) registriert wurden. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Besucher zwar von Tschieriv aus aufsteigen, nach dem Gipfel aber dann Richtung Fuldera abfahren. Weiter sehen wir, dass der Tagesgang des Standorts P4 in einem engeren Zeitfenster definiert ist als derjenige des Standorts P1. Dies erscheint plausibel, da zwischen beiden Standorten ein Höhenunterschied von ca. 300 Höhenmeter besteht. Deutlich zeigt sich dies am Morgen, wenn die Besuchenden bergaufwärts langsamer unterwegs sind als bergab. So passierten die ersten Besuchende den Standort P1 schon ab 06:00 Uhr, den Standort P4 aber erst ab 08:00 Uhr. Die deutlich verschobenen, richtungsabhängigen Frequenzspitzen an beiden Standorten deuten auf eine unproblematische Situation hinsichtlich Crowding hin.

### **4.3. Automatische Kameras**

Aufgrund der routenspezifisch gewählten Standorte der automatischen Kameras, konnten die Fragen der räumlichen Nutzungsverteilung gut beantwortet werden. So wurden insbesondere die absoluten Zahlen sowie die Routen-Präferenzen im Auf- und Abstieg sichtbar. Es überrascht nicht, dass die Tourengewandenen mit Abstand die grösste Aktivitätskategorie darstellten und insbesondere dort dominierten wo es weglos wird. Die Standorte K2 und K3, an der Strasse zur Alp Sadra, wiesen dementsprechend auch die meisten Wandernde mit Schneeschuhen auf, am Standort K3 überholten sie sogar anteilmässig die Tourengewandenen, blieben aber in absoluten Zahlen tief. Gemäss den Kameras wird im oberen Teil der Abfahrt die Waldschneise (K4 & K5), der direkten Abfahrt über die Alp Sadra bevorzugt. Ab Funtauna Grossa teilte sich die ausgezählten Nutzungen jedoch und konnte mehrheitlich der Abfahrt nach Fuldera zugeordnet werden. Zusammen mit den Abfahrten über die Alp Sadra zog das Abfahrtsziel Fuldera also fast zwei Drittel der Tourengewandenen an. Im Aufstieg zeigte sich dieses Bild weniger und die Nutzungen verteilen sich auf die beiden Orte Fuldera und Tschieriv.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass die kleinräumige Wahl der Kamerastandorte eine bedeutende Rolle bei der Erfassung der Nutzungen spielt. Am besten geeignet sind die sogenannten zwingenden Wegabschnitte mit einer schmalen Stelle, welche alle Nutzenden passieren müssen. Andernfalls verlieren sich die Nutzenden im Gelände, was eine Erfassung insbesondere in der Abfahrt schwierig macht. In den Daten erkennbar ist dieses Muster am Standort K5 oberhalb des Standorts K4, welcher aufgrund der Topografie weniger Nutzungen erfasste. Dasselbe gilt ebenso bei den automatischen Zählstellen, wo dieser Effekt noch grösser ausfällt und bei einer unübersichtlichen Stelle zu wenig Zählungen ausgelöst werden.

### **4.4. Zusammenhang Besucher & Wetter**

Im Modell manifestierte sich von allen untersuchten Faktoren, der Lockdown als grössten Effekt auf das Besucheraufkommen (Abbildung 13). Im Gegensatz zu den Wochentagen und der Sonnenscheindauer hatten die Faktoren Temperatur, Niederschlag und Ferien zwar einen Einfluss, jedoch nicht genug um als signifikant angesehen zu werden. Dies scheint etwas gegen die Erwartung zu sein, wobei die Effekte ganz schwach sichtbar sind. Die Nutzung der Skirouten auf den Piz Dora und den Piz Turettas waren demnach in der Saison 2019/2020 weder stark abhängig vom Wetter noch von den Ferien, wobei letztere einen etwas grösseren Einfluss im Modell zeigten. Die beiden Skirouten gelten jedoch als beliebte Ausflugsziele von Gruppen mit Bergführern, welche solche Touren aufgrund der Buchungen auch bei weniger guten Wetterverhältnissen durchführen. Dies erklärt etwas die scheinbare Unabhängigkeit der Besucherzahlen von den eingeflossenen Wetterparametern im Modell.

## Schlussfolgerungen

Mit den gewählten drei Methoden konnten die Ausholzungsmaßnahmen zwischen Era da la Bescha und Funtauna Grossa als Besucherlenkungsmaßnahmen als wirkungsvoll bestätigt werden. In der Spurenanalyse auf den drei Gegenhang-Aufnahmen im Februar und März konnten wir nur marginale Abweichungen im oberen Teil der empfohlenen Routen feststellen. Praktisch alle Tourengewandenen, welche dem empfohlenen Routenverlauf folgen, scheinen eine der beiden Waldschneisen als Abfahrt zu nutzen. Dies zeigen auch die Zahlen der automatischen Kameras und Zählgeräte, welche an strategisch gewählten Standorten platziert, ein umfassendes Bild der Weg-, resp. Routennutzung gaben. Die Zahlen der aufgestiegenen Tourengewandenen entsprachen grösstenteils den abgestiegenen, was nahelegt, dass wir die meisten Nutzungen auch im schwieriger zu erfassenden Abstieg, resp. der Abfahrt detektieren konnten. Nur hinlänglich detektiert werden konnten direkte Abfahrten vom Piz Dora Gipfel nach Tschier, welche sich nicht an die empfohlenen Routen hielten. Wichtig bleibt deshalb die Informationsarbeit über die Einhaltung der Skirouten.

Die absoluten Zahlen entsprechen den Erwartungen der Saison und zeigen deutlich den Einfluss der SARS-CoV-2 induzierten Massnahmen des Bundesrates vom 16. März 2020. Bezüglich der ausgeübten Sportarten machten die Tourengewandenen klar den grössten Anteil aus, Wandernde mit Schneeschuhen konnten aber vor allem in den weniger weglosen Stellen durchaus häufig festgestellt werden.

Im Vergleich mit dem vorangegangenen Wintermonitoring am Piz Dora aus dem Jahr 2011 (Rupf et al., 2011) lässt sich ein Anstieg der Besucherzahlen erkennen. Vor bald zehn Jahren ermittelten die Autoren für das Gebiet 69 Besuchende pro Woche, in der heutigen Untersuchung liegt dieser Wert bei 111 Personen, was einem Anstieg von ca. 29 % entspricht.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiet am Piz Dora mit den Wildruhezonen und Skirouten (ZHAW, 2020).	3
Abbildung 2: Standorte der drei angewendeten Methoden zur Quantifizierung der Besuchernutzung. Insgesamt wurde an sechs verschiedenen Standorten automatische Kameras (K, pink) moniert, zwei davon mit zusätzlichen Zählgeräten (P, rot). Die Gegenhangaufnahmen erfolgten vom jeweils gleichen Standort bei Lü Daint oder der Langlaufloipe (grünes Dreieck) auf etwa 1915 m ü. M. (ZHAW, 2020).	4
Abbildung 3: Automatisches Zählgerät (roter Kreis) auf ca. 80 cm Höhe entlang der Ski- und Snowboardtouren Route Tschieriv - Piz Dora (ZHAW, 2020).	6
Abbildung 4: Automatische Kamera mit Diebstahlsicherung entlang der Ski- und Snowboardtouren Route Tschieriv - Piz Dora (ZHAW, 2020).	6
Abbildung 5: Automatisch generierte Gegenhang-Aufnahme des Piz Dora Nordhang vom 16.03.2020 mit Adobe Photoshop (ZHAW, 2020).	7
Abbildung 6: Ergebnis des Unschärfe-Prozesses mit Adobe Photoshop einer Aufnahme der automatischen Kamera am Standort 1 am Piz Dora. Die Sportart und Bewegungsrichtung bleiben erkennbar (ZHAW, 2020).	8
Abbildung 7: Gesamtschneehöhe in cm im Februar und März 2020, gemessen an der Wetterstation Santa Maria (1386 m ü. M.). Zusätzlich relevante Neuschneeereignisse (grüne Textfelder), Zeitpunkt der Gegenhang-Aufnahmen (blaue Textfelder) und rot markierte Gesamtschneehöhe zum jeweiligen Zeitpunkt (MeteoSchweiz & ZHAW, 2020).	9
Abbildung 8: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegenhang-Aufnahme vom 08.02.2020. Alle Spuren konnten einem der beiden Abfahrtsrouten zugeordnet werden, wobei die Abfahrt nach Tschieriv durch die Aufweitung der Waldschneise deutlich häufiger genutzt wurde (ZHAW, 2020).	9
Abbildung 9: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegenhang-Aufnahme vom 12.03.2020. Auch hier wurde die Abfahrt nach Tschieriv häufiger gewählt. Von den 216 gezählten Spuren führte eine abseits der empfohlenen Routen (ZHAW, 2020).	10
Abbildung 10: Übersichtskarte der Spurenanalyse basierend auf der Gegenhang-Aufnahme vom 16.03.2020. 60 % der Spuren führen über die Abfahrt Alp Sadra, vereinzelte Spuren sind im lückigen Waldteil zwischen den beiden Abfahrten gefunden worden (ZHAW, 2020).	10
Abbildung 11: Korrelation zwischen den Passagen des automatischen Zählgeräts und denjenigen der Kamera am Standort P1 oberhalb Tschieriv (ZHAW, 2020).	11
Abbildung 12: Korrelation zwischen den Passagen des automatischen Zählgeräts und denjenigen der Kamera am Standort P4 in der Waldschneise (ZHAW, 2020).	11
Abbildung 13: Saisonverlauf der absoluten Besucherzahlen (Punkte) und des geglätteten Saisonverlaufs (dicke, schwarze Linie) inklusive dem Fehlerbereich (dunkelgraue Fläche) am <b>Standort P1 (links)</b> bzw. dem <b>Standort P4 (rechts)</b> . Die blauen Bereiche zeigen die relevanten Ferienzeiträume, die roten den Zeitraum des Sars-Cov2-Pandemie bedingenden Lockdowns (ZHAW, 2020).	12
Abbildung 14: Anzahl der Besuchenden am <b>Standort P1 (links)</b> bzw. <b>Standort P4 (rechts)</b> , verteilt auf die Wochentage. Inklusive Median (fetter Querstrich), Bereich im dem 50 % der Werte liegen (Box), Bereich der Whiskers, welche 75 % der Werte beinhalten (vertikale Linien) sowie Ausreisser (Punkte) (ZHAW, 2020).	13
Abbildung 15: Anzahl der Besuchenden am <b>Standort P1 (links)</b> bzw. <b>Standort P4 (rechts)</b> , verteilt auf Wochenendtage und Werkstage. Inklusive Median (fetter Querstrich), Bereich im dem 50 % der Werte liegen (Box), Bereich der Whiskers, welche 75 % der Werte beinhalten (vertikale Linien) sowie Ausreisser (Punkte) (ZHAW, 2020).	13
Abbildung 16: Anteile aller Besuchenden am <b>Standort P1 (links)</b> und am <b>Standort P4 (rechts)</b> richtungstrennt (ZHAW, 2020).	14
Abbildung 17: Durchschnittlicher, richtungstrennter Tagesgang der Besuchenden am <b>Standort P1 (links)</b> bzw. <b>Standort P4 (rechts)</b> (Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Achsen).	14
Abbildung 18: Anteil verschiedener Aktivitäten in Prozent ausgezählt an den sechs Kamerastandorten am Piz Dora. Die Tourengewandten machen, ausser am Standort K3, den grössten Anteil aus (ZHAW, 2020).	16
Abbildung 19: Signifikanter Einfluss des Lockdowns aufgrund der Sars-Cov2-Pandemie auf die Besucherzahlen. Andere untersuchten Faktoren wie Temperatur, Niederschlag oder Ferien wiesen einen zu kleinen Einfluss auf, um signifikant zu sein.	18

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Aufnahme­datum und Bezeichnung der drei Besucher­monitoring­Methoden im Winter 2019/2020 am Piz Dora. Die Standorte der verschiedenen Methoden sind zusätzlich in Abbildung 2 ersichtlich. ....	5
Tabelle 2 Wetterparameter der Station Sta. Maria im Val Müstair; verwendet für den Zusammenhang mit dem Besucheraufkommen. ....	5
Tabelle 3 Auswertung der richtungs­getrennten Aktivität nach Standort in absoluten Zahlen und in Prozent während dem 05. Dezember und dem 16. März 2020. Hervorgehoben ist jeweils für jeden Standort die höchste Zählung (ZHAW, 2020). ....	17
Tabelle 4 Modellergebnisse des finalen Modells mit den Schätzungen und Standardfehlern aller eingerechneter Faktoren. Die Werte beziehen sich bei den numerischen Faktoren auf die skalierten Werte. Der y-Achsenabschnitt zeigt den Punkt, an dem die vom Modell berechnete Linie die y-Achse (Besuchszahlen, abhängige Variable) schneidet. <b>Fett</b> gedruckt sind die signifikanten Schätzungen. ....	18

## Quellenverzeichnis

- Barton, K. (2019). *MuMIn: Multi-Model Inference*. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). lme4: Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bundesamt für Statistik. (2020). *Hotel- und Kurbetriebe: Logiernächte in der Wintersaison 2019/20, nach Schweizer Tourismusregionen*. Bundesamt für Statistik (Beherbergungsstatistik HEST. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: [https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/awt/Dokumente/Beherbergungsstatistik\\_Graubunden,\\_Wintersaison\\_2019-20.pdf](https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/awt/Dokumente/Beherbergungsstatistik_Graubunden,_Wintersaison_2019-20.pdf)
- Dowle, M., & Srinivasan, A. (2020). *data.table: Extension of `data.frame`*. <https://CRAN.R-project.org/package=data.table>
- Gemeinde Val Müstair. (2020a). *Geografie Val Mustair*. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: [https://www.cdvm.ch/fileadmin/user\\_upload/2\\_dokumente/Geografie\\_Val\\_Mu\\_\\_stair.pdf](https://www.cdvm.ch/fileadmin/user_upload/2_dokumente/Geografie_Val_Mu__stair.pdf)
- Gemeinde Val Müstair. (2020b). *Zahlen Cumün da Val Müstair. 2*. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: <https://www.cdvm.ch/de/natur-kultur/sprache-romanisch/>
- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25.
- Hartig, F. (2019). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>
- Ingold, P. (2005). *Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere - Konfliktbereiche zwischen Mensch und Tier - Mit einem Ratgeber für die Praxis* (1st ed.). Haupt.
- Ismail, N., & Jemain, A. A. (2007). *Handling Overdispersion with Negative Binomial and Generalized Poisson Regression Models*. 56.
- Jäger, H., Schirpke, U., & Tappeiner, U. (2020). Assessing conflicts between winter recreational activities and grouse species. *Journal of Environmental Management*, 276, 111194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111194>
- Korner-Nievergelt, F., Roth, T., Felten, S. von, Guelat, J., Almasi, B., & Korner-Nievergelt, P. (2015). *Bayesian Data Analysis in Ecology using Linear Models with R, BUGS and Stan*. Elsevier.
- Lamprecht, M., Bürgi, R., & Stamm, H. (2020). *Sport Schweiz 2020: Sportaktivität und Sportinteresse der Schweizer Bevölkerung*. Bundesamt für Sport BASPO. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: [https://www.lssfb.ch/inhalte/publikationen-2/Bro\\_Sport\\_Schweiz\\_2020\\_d\\_WEB.pdf](https://www.lssfb.ch/inhalte/publikationen-2/Bro_Sport_Schweiz_2020_d_WEB.pdf)
- Mazerolle, M. J. (2020). *AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c)*. <https://cran.r-project.org/package=AICcmodavg>
- R Core Team. (2020). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

- RCCCM. (2020). *Deutscher Wetterdienst—Schneefall und Schneeverwehungen*. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: <https://rcccm.dwd.de>. [https://rcccm.dwd.de/DE/leistungen/unwetterklima/schneefall\\_verwehungen/schneefall\\_node.html](https://rcccm.dwd.de/DE/leistungen/unwetterklima/schneefall_verwehungen/schneefall_node.html)
- Rupf, R., Haegeli, P., Kerlen, B., & Wytttenbach, M. (2019). Does Perceived Crowding Cause Winter Backcountry Recreationists to Displace? *Mountain Research and Development MRD*.
- Rupf, R., Wytttenbach, M., Koechli, D., Hediger, M., Lauber, S., Ochsner, P., & Graf, R. F. (2011). Assessing spatio-temporal pattern of winter sports activities to minimize disturbance in Capercaillie habitat. *Eco.Mont*, 3, 23–32.
- SAC. (2020). *Skitourenportal Schweiz*. SAC Tourenportal. Abgerufen am 04.12.2020. Heruntergeladen von: <https://www.sac-cas.ch/de/huetten-und-touren/sac-tourenportal/>
- Sarkar, D. (2008). *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. Springer. <http://lmdvr.r-forge.r-project.org>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Zhang, D. (2020). *rsq: R-Squared and Related Measures*. <https://CRAN.R-project.org/package=rsq>

## Anhang

### Zusammenhang Besucherzahlen & Wetter

#### Methode:

Aufgrund der Verteilung der unabhängigen Variabel (Besucheraufkommen) wurde für die Berechnung ein negativ-binomiales Modell (GLMM) ohne Interaktion aus dem Package «lmer4» gewählt (Bates et al., 2015). Wetterparameter wurden skaliert, um deren unterschiedlichen Skalen vergleichbar zu machen und auf Korrelation untereinander getestet (Kendalls Tau:  $< 0.7$ ). Nach der automatischen Modellselektion mit dem Package «MuMIn» (Barton, 2019) wurden die beiden Variablen Wochentage und Sonnenscheindauer (relativ zur Tageslänge) aus dem finalen Model entfernt, da sie zu wenig Einfluss aufwiesen. Um den Effekt der Saison auszuschliessen, definierten wir die Kalenderwochen darin als Random Factor. Die Modellvoraussetzungen, insbesondere die Normalverteilung der Residuen, kontrollierten wir optisch mit dem Package «DHARMA» (Hartig, 2019). Tests auf overdispersion (Package «blmeco», Korner-Nievergelt et al., 2015), Normalverteilung (Package «lattice», Sarkar, 2008), Verteilung der Residuen, des  $R^2$  (Package «rsq», Zhang, 2020) sowie Vergleiche der Modellgüte mittels dem AICc (Package «AICcmodavg», Mazerolle, 2020) zeigten geringe aber vernachlässigbare Verletzungen der Modellvoraussetzungen. Die Signifikanzschwellen wurden bei  $\alpha < 0.1$  (kaum Signifikanz),  $\alpha < 0.05$  (geringe Signifikanz),  $\alpha < 0.01$  (hohe Signifikanz) und  $\alpha < 0.001$  (höchste Signifikanz) gesetzt und wurde mit dem Befehl summary (T-Test) aus dem Package stats (R Core Team, 2020) berechnet.

#### Resultate:

Das negative-binomiale Modell mit den Wetterparametern Temperatur, quadrierter Temperatur und Niederschlag sowie den beiden Faktoren Ferien und Lockdown als erklärende Variablen erklärt die Besucherzahl von Dezember 2019 bis Juni 2020 am besten (Konditionelles  $R^2$ : 0.567).

Der Datensatz weist keine grössere Variabilität auf, als dies aufgrund des statistischen Modells zu erwarten wäre (Overdispersion = 0.99). Die Residualplots zeigen eine leichte Abweichung der erwarteten Normalverteilung, was bei einer negativ-binomial Verteilung vernachlässigbar ist (Ismail & Jemain, 2007). Die Kalenderwoche als «Random Effect» weisen eine geringe Varianz von  $0.92 \sigma^2$  auf, die saisonalen Unterschiede sind demnach vernachlässigbar.

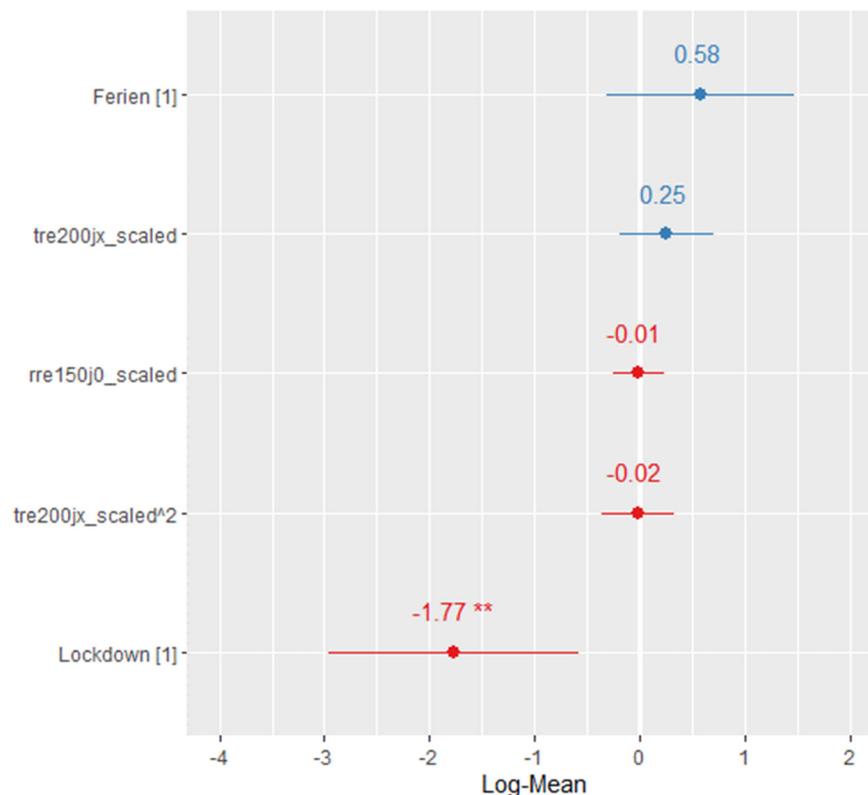


Abbildung Anhang: Einfluss der geprüften Variablen auf die Wahrscheinlichkeit des Besucheraufkommens (Log-Mean). Der weitaus grösste und dabei signifikante Effekt ist der Lockdown. Der Niederschlag (rre150j0\_scaled), die Temperatur (tre200jx\_scaled), die quadrierte Temperatur (tre200jx\_scaled^2) und die Ferien weisen allesamt einen zu geringen Einfluss mit zum Teil hohen Standardabweichungen auf, um signifikant zu sein.