

Geographisches Institut der Universität Bern
Geographien der Nachhaltigkeit
Landsysteme und Nachhaltige Ressourcennutzung
Masterarbeit

Landschaften im Klimawandel

Evaluation und Darstellung der landschaftlichen
Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz anhand der
Falllandschaft Ramosch (GR)



Elena Grace Siegrist

16-115-552

Leitung und Betreuung der Arbeit:

Prof. Dr. Matthias Bürgi

Dr. Karina Liechti

26. November 2022

Titelbild: Tamara Estermann

Abstract

Landschaft und ihre Vielfalt gilt als eine wichtige Ressource der Schweiz und ist mit einer guten Lebensqualität verbunden (Rey et al. 2017). Die möglichen Veränderungen von Landschaften und ihren Leistungen durch den Klimawandel wurden bislang kaum untersucht. Eine integrale Analyse der Auswirkung des Klimawandels auf Landschaften ermöglicht ein vertieftes Verständnis für die ökologischen und soziokulturellen Auswirkungen des Klimawandels und kann ein wirkungsvolles Instrument zur Sensibilisierung für die Auswirkungen und Risiken des Klimawandels darstellen.

In der vorliegenden Masterarbeit wurde ein methodisches Vorgehen zur Evaluation und Darstellung der möglichen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften entwickelt und auf eine Falllandschaft in Ramosch (GR) angewendet. Im ersten Arbeitspaket wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften mittels eines konzeptionellen Systemmodells sowie Interviews mit Landschaftsexpert:innen für die Schweiz untersucht. Im zweiten Arbeitspaket wurden die Ergebnisse auf die Falllandschaft angewendet und mittels Interviews mit regionalen Expert:innen auf die regionalen Besonderheiten spezifiziert. Die Resultate wurden in erzählenden Texten, den sogenannten Storylines, und in Landschaftsvisualisierungen aufgearbeitet und dargestellt. Dabei wurde mit Varianten gearbeitet, um sowohl die landschaftliche Relevanz des Klimawandels an sich als auch die der ergriffenen Adaptionsaktivitäten darzustellen. Zur Vertiefung der Ergebnisse wurden drei Akteursgruppen unterschiedlichen Alters in Workshops zu ihrer Beurteilung der heutigen Landschaft und den entwickelten Landschaftsvisualisierungen befragt.

Für die Schweiz konnte aufgezeigt werden, dass zu erwarten ist, dass der Klimawandel erstens grossflächig auf Landschaften wirkt, zweitens lokal prägende landschaftliche Auswirkungen hat und drittens aufgrund zahlreicher Wechselwirkungen zwischen den Wirkungspfaden das Potenzial hat, bedeutende landschaftsrelevante Folgeeffekte auszulösen. Er hat somit das Potenzial den Charakter von Landschaften grundlegend zu verändern und zahlreiche Landschaftsleistungen und -qualitäten wesentlich zu beeinflussen. Aus den Resultaten geht hervor, dass die Adaptionsaktivitäten an den Klimawandel eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf Landschaften haben können. Für die Falllandschaft Ramosch muss bei einer durchschnittlichen Erwärmung von 4 °C bis Ende 21. Jahrhunderts mit tiefgreifenden und vielschichtigen Veränderungen der Landschaft, der Landschaftsqualitäten und der Landschaftsleistungen gerechnet werden. Die Konsequenzen eines erhöhten Risikos für Naturgefahren und Extremwittersituationen sowie veränderter saisonaler Wasserverfügbarkeiten sind als landschaftlich bedeutend einzustufen. Da die Falllandschaft stark landwirtschaftlich geprägt ist, werden sich die Reaktionen des Landwirtschaftssektors auf die veränderten Ausgangsbedingungen landschaftlich deutlich manifestieren. Dies gilt insbesondere auch für die Terrassenlandschaft. Es ist weiter von einer erhöhten Mortalität von Waldbäumen und einem Rückgang der Waldleistungen auszugehen, sollte kein zügiger und vorausschauender Waldumbau eingeleitet werden. Um die Landschaftsleistungen in Ramosch bei veränderten klimatischen Bedingungen auf heutigem Niveau zu erhalten, werden zahlreiche Anpassungsmassnahmen notwendig sein, die unterschiedlich grossen finanziellen, organisatorischen und personellen Aufwand bedingen und teilweise langfristig geplant und frühzeitig eingeleitet werden müssen.

Danksagung

An dieser Stelle habe ich die schöne Aufgabe, den vielen Menschen zu danken, die mich während meiner Masterarbeit unterstützt haben.

Matthias Bürgi vom Geographischen Institut der Universität Bern und der Eidg. Forschungsanstalt WSL und Karina Liechti von der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz standen als meine Betreuenden stets unkompliziert mit Rat, Unterstützung sowie offenen Türen und Ohren zur Verfügung. Sie gaben mir unzählige wertvolle Inputs, die massgeblich zum Endprodukt dieser Masterarbeit beigetragen haben. Es war für mich ein Glücksfall, von euch betreut zu werden und ich war rundum zufrieden – Herzlichen Dank!

Angelika Abderhalden von der UNESCO Biosfera Engiadina Val Müstair und der Fundaziun Pro Terra Engiadina war meine Ansprechperson für die Feldarbeiten in Ramosch und im Unterengadin und ist mehrmals die extra Meile gegangen, um mir das Leben zu erleichtern. Danke für die inhaltliche Unterstützung und die Gastfreundschaft.

Die Landschaftsvisualisierungen wurden durch ikonaut GmbH grossartig realisiert. Die Zusammenarbeit mit den Ikonauten Jonas Christen und David Schürch war sehr angenehm, unkompliziert und hat Spass gemacht. Im Zusammenhang mit den Landschaftsvisualisierungen geht ein weiterer Dank an Matthias Bürgi, der die Finanzierung der Visualisierungen ermöglicht hat.

Silvia Tobias von der Eidg. Forschungsanstalt WSL ist Projektleiterin des Projekts «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel» mit dem eine enge Zusammenarbeit bestand. Danke für deine inhaltliche Unterstützung und deine gute Koordination der Arbeiten über verschiedene Institutionen hinweg.

Angelika Abderhalden von der UNESCO Biosfera Engiadina Val Müstair und der Fundaziun Pro Terra Engiadina, Brigitte Kohl und Thomas Kohl von der Fundaziun Pro Terra Engiadina sowie Lina Torregroza von der Eidg. Forschungsanstalt WSL haben es mir ermöglicht, die Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen durchzuführen und mich in der Workshopleitung unterstützt. Danke für die Gruppenbetreuung, die feinen Zvieri, die Protokolle und das Ertragen der Hitze am Terrassenhang! In diesem Zusammenhang gilt mein herzlicher Dank auch allen Lehrpersonen und Schüler:innen der Schule Valsot, Norman Backhaus vom Geographischen Institut der Universität Zürich, den Studierenden der Universität Zürich sowie Imke Maggraf und den Bewohner:innen des Center da sandà Engiadina Bassa für die engagierte Teilnahme an den Workshops.

Natürlich geht ein herzliches Dankeschön an alle Interviewpartner:innen, die mich mit meinen Fragen empfangen und mir mit ihrem Expert:innenwissen geholfen haben, die Brücke zwischen Ramosch, Landschaften und dem Klimawandel zu schlagen.

Und nicht zuletzt gilt mein Dank all denjenigen Menschen, die zwar inhaltlich nicht an der Masterarbeit mitgewirkt, mich aber persönlich immer wieder gestärkt und motiviert haben.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	I
Danksagung.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen.....	2
1.3 Kooperationen	3
2 Stand der Forschung	4
2.1 Klimawandel	4
2.2 Landschaft	10
2.3 Landschaftsdarstellungen	12
3 Konzeptionelle und theoretische Grundlagen.....	15
3.1 Landschaftsverständnis	15
3.2 Konzeptualisierung der Landschaftswahrnehmung	16
3.3 Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften	17
3.4 Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft	18
4 Methodisches Vorgehen	19
4.1 Überblick methodisches Vorgehen	19
4.2 Wahl des Klimaszenarios und der Zeitperiode für die Analysen.....	21
4.3 Studiengebiet, Wahl der Falllandschaft und verwendete Bildserie.....	21
4.4 Konzeptionelles Systemmodell	26
4.5 Charakterisierung der Falllandschaft.....	32
4.6 Storylines.....	32
4.7 Interviews mit regionalen Expert:innen	34
4.8 Visualisierungen.....	35
4.9 Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen.....	36
4.10 Entwicklungsprozess des methodischen Vorgehens	40
5 Resultate I: Klimawandel als Treiber von Landschaftsveränderungen in der Schweiz ...	41
5.1 Wirkungspfade im konzeptionellen Systemmodell und deren Wechselwirkungen	41
5.2 Interviews mit Landschaftsexpert:innen	41
5.3 Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz.....	46
6 Resultate II: Regionenspezifische Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in Ramosch	52
6.1 Charakterisierung der Falllandschaft.....	52

6.2	Storylines Ramosch im Klimawandel	56
6.3	Interviews mit regionalen Expert:innen	65
6.4	Visualisierungen.....	68
7	Resultate III: Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen	74
7.1	Landschaft heute.....	74
7.2	Landschaftsvisualisierung 2085: Keine oder rein reaktive Adaptionenaktivität an den Klimawandel.....	74
7.3	Landschaftsvisualisierung 2085: Proaktive effektive Adaptionenaktivität an den Klimawandel mit Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung	75
7.4	Landschaftsvisualisierung 2085: Proaktive effektive Adaptionenaktivität an den Klimawandel mit Diversifizierung der Landwirtschaft.....	76
7.5	Bewertung der Landschaftsvisualisierungen auf Skalen.....	77
7.6	Landschaft 1950	78
8	Diskussion.....	79
8.1	Methodische Diskussion.....	79
8.2	Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz.....	82
8.3	Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch	83
8.4	Bewertungen der heutigen Landschaft und den Landschaftsvisualisierungen.....	86
9	Schlussfolgerungen und Ausblick	88
9.1	Schlussfolgerungen	88
9.2	Ausblick.....	89
10	Literaturverzeichnis	90
10.1	Im Text zitierte Literatur	90
10.2	Im konzeptionellen Systemmodell berücksichtigte wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen des Klimawandels	95
10.3	Im konzeptionellen Systemmodell berücksichtigte Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz	97
11	Anhang.....	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die fünf CH2018 Modellregionen der Schweiz	5
Abbildung 2: Modell «Die vier Pole der Landschaftswahrnehmung»	16
Abbildung 3: Schematische Darstellung der dem konzeptionellen Systemmodell zugrundeliegenden Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft.....	18
Abbildung 4: Übersicht über die im methodischen Vorgehen enthaltenen Arbeitsschritte und deren Abfolge	19
Abbildung 5: Aufnahme der Falllandschaft von 1950.....	22
Abbildung 6: Aufnahme der Falllandschaft vom 1. Oktober 2021.....	23
Abbildung 7: Übersichtskarte Falllandschaft mit Aufnahmestandort und Blickrichtung.....	24
Abbildung 8: Fläche des BLN Gebiets 1909 Piz Arina	25
Abbildung 9: Erläuterung der verschiedenen Arten von Wirkungspfaden anhand von Beispielen.....	26
Abbildung 10: Eingefärbte Aufnahme der Falllandschaft von 1950	69
Abbildung 11: Aufnahme der Falllandschaft von Oktober 2021.....	70
Abbildung 12: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts	71
Abbildung 13: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionsaktivität mit Fokus auf der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts	72
Abbildung 14: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionsaktivität mit Diversifizierung der Landwirtschaft» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts	73
Abbildung 15: Bewertung der heutigen und visualisierten Landschaften der Workshopteilnehmenden auf einer Skala von 0 "Gefällt mir gar nicht" bis 10 "Gefällt mir sehr gut".....	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projizierte Veränderung der mittleren Jahrestemperatur (°C) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	5
Tabelle 2: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Temperatur des heissesten Tages im Jahr (°C) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	6
Tabelle 3: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Anzahl sehr heisser Tage pro Jahr für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	6
Tabelle 4: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssumme im Winter (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	6
Tabelle 5: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssumme im Sommer (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	6
Tabelle 6: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssummen des stärksten jährlichen 1-Tages Niederschlagsereignisses (Sommer / Winter) (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	7
Tabelle 7: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssummen eines 100-jährlichen 1-Tages Niederschlagsereignisses im (Sommer / Winter) (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs	7
Tabelle 8: Projizierte Veränderung der Klimaindikatoren für RCP8.5 und die Zeitperiode 2085 für die Schweiz (CH) und die Ostschweizer Alpen (CHAE) im Vergleich...	7
Tabelle 9: Im konzeptionellen Systemmodell zur Beschreibung der Landschaftskompartimente verwendete angepasste CORINE Land Cover Nomenklatur der Bodenbedeckungen nach Steinmeier (2013)	27
Tabelle 10: Aufbau des konzeptionellen Systemmodells zur Erfassung von direkten Wirkungspfaden	28
Tabelle 11: Aufbau des konzeptionellen Systemmodells zur Erfassung von indirekten Wirkungspfaden	28
Tabelle 12: Übersicht über die befragten Landschaftsexpert:innen und ihre Fachgebiete	30
Tabelle 13: Übersicht über die Varianten in den Storylines	33
Tabelle 14: Auflistung aller befragten regionalen Expert:innen und ihr Landschaftsbezug zu Ramosch / dem Unterengadin	34
Tabelle 15: Methodische und inhaltliche Übersicht zu den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen	37
Tabelle 16: In der Falllandschaft vorhandene charakteristische Kulturlandschaften nach Rodewald et al. (2014) und die daraus resultierenden Landschaftsqualitäten für die Falllandschaft	54
Tabelle 17: Zusammenfassung der Storylines. In violetter Schrift ist ersichtlich, welche Änderungen basierend auf den Interviews mit den regionalen Expert:innen vorgenommen wurden. Stellen, die basierend auf den Interviews aus den Storylines entfernt wurden, sind in durchgestrichener Schrift notiert.	66
Tabelle 18: Übersicht über die Bewertungen der heutigen Landschaft der verschiedenen Akteursgruppen.....	126
Tabelle 19: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität der verschiedenen Akteursgruppen.....	127
Tabelle 20: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit effektiver proaktiver Anpassungsaktivität und Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung der verschiedenen Akteursgruppen.	129

Tabelle 21: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit effektiver proaktiver Anpassungsaktivität und Diversifizierung der Landwirtschaft der verschiedenen Akteursgruppen. 130

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Landschaften tragen massgeblich zur Lebensqualität bei (Council of Europe 2000; Keller & Backhaus 2017; Rey et al. 2017). Entsprechend sind Landschaften sowohl entscheidend für das Wohl einzelner Menschen wie auch für die Bevölkerung insgesamt (Council of Europe 2000). Diese zentrale Bedeutung von Landschaften für Individuen und für Gesellschaften als Ganzes lässt sich auf die grosse Diversität ihrer Funktionen und Leistungen zurückführen. Landschaften sind auf globaler Ebene ein wesentlicher Bestandteil der Umgebung der Menschen und schaffen Lebensräume (Council of Europe 2000; Grêt-Regamey et al. 2012; Hermes et al. 2018; Manzo & Devine-Wright (Hrsg.) 2013; Rey et al. 2017; Ridding et al. 2018; Wartmann et al. 2021). Sie ermöglichen affektive Beziehungen zwischen Menschen und spezifischen Orten, was wiederum zur Herausbildung von gesellschaftlichen Identitäten und lokalen Kulturen beiträgt (Council of Europe 2000; Hermes et al. 2018; Manzo & Devine-Wright (Hrsg.) 2013; Rey et al. 2017; Ridding et al. 2018; Wartmann et al. 2021). Ausserdem sind Landschaften eine wertvolle Ressource und Trägerin vielfältiger Ökosystemdienstleistungen und Landschaftsleistungen. Zu diesen gehören ästhetischer Genuss, Erholungsmöglichkeiten sowie Standortattraktivität, um nur einige aus der Vielzahl dieser Leistungen zu nennen (Keller et al. 2019).

Menschliche Interaktion mit ihrer Umwelt findet vorrangig auf der Landschaftsebene statt und in der Landschaft werden die kombinierten Auswirkungen von Gesellschaft und Natur sichtbar (Bürgi et al. 2004; Gobster et al. 2007; Millennium Ecosystem Assessment Program 2005). Somit ist die Landschaftsebene geeignet, Verflechtungen von Gesellschaften mit ihrer Umwelt zu konzeptualisieren und evaluieren (Gobster et al. 2007; Millennium Ecosystem Assessment Program 2005; Wu 2013). Eine holistische Landschaftsbetrachtung, die sich nicht nur auf die Analyse räumlicher Muster und Prozesse innerhalb Landschaften fokussiert, sondern Landschaft als *«eine von Menschen wahrgenommene Fläche, deren Charakter eine Manifestation der Aktion und Interaktion von natürlichen und/oder menschlichen Faktoren ist»* (Council of Europe, 2000:2) betrachtet, ist hierfür essenziell. Interdisziplinäre und integrative Zugänge sind notwendig, um Landschaftssysteme zu untersuchen (Bürgi et al. 2004).

Gesellschaften und die Natur sind dynamisch und daher ist Wandel ein inhärentes Merkmal von Landschaften (Bürgi et al. 2004). Die allermeisten Treiber von Landschaftsveränderungen lassen sich in fünf Gruppen einteilen: sozioökonomisch, politisch, technologisch, natürlich und kulturell (Bürgi et al. 2004). Der anthropogene Klimawandel stellt dabei eine der grössten gegenwärtigen Herausforderungen der Weltbevölkerung dar (NCCS 2018a). Die direkte Betroffenheit der Schweiz vom Klimawandel ist bereits heute evident und Auswirkungen wie der Gletscherrückzug, steigende Temperaturen und häufigere Hitzewellen sind in der Schweiz bereits messbar (NCCS 2018a). Die aktuellen Klimaszenarien für die Schweiz sagen starke Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsregimes voraus, die sich auf die Menschen, die natürlichen Ökosysteme, die Land- und Forstwirtschaft, die Naturgefahrensituation und schliesslich auf das Landschaftsbild auswirken werden (Köllner et al. 2017; NCCS 2018a). Die Schweiz wird, aufgrund ihrer topographischen und klimatischen Gegebenheiten, mit grosser Wahrscheinlichkeit Temperaturveränderungen erleben, die grösser sind als die durchschnittlichen globalen Temperaturveränderungen (NCCS 2018a). Nennenswert sind auch die erwarteten Veränderungen der Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen in der Schweiz (NCCS 2018a). So wird eine deutliche Zunahme von Hitzetagen und Trockenperioden wie auch von extremen Niederschlagsereignissen erwartet (NCCS 2018a). Solche Extremereignisse können landschaftsverändernd sein oder landschaftsverändernde Prozesse auslösen (Davies et al. 2013). Die vorhergesagten Effekte des Klimawandels auf die Schweiz unterscheiden sich je nach Emissionsszenario (NCCS 2018a). Jedoch steht fest, dass die Erwärmung des Klimas seit der vorindustriellen Periode bereits heute weitreichende sozioökologische Konsequenzen verursacht hat und dass sich das Klima auch bei sehr effektiven Strategien zur Mitigation des Klimawandels (RCP2.6) noch deutlich verändern wird (Köllner et al. 2017; NCCS 2018a). Starke Veränderungen der ortstypischen Landschaften infolge des Klimawandels können gesellschaftliche und wirtschaftliche Nachteile nach sich ziehen. Die Risiken des anthropogenen Klimawandels für die Schweiz überwiegen dessen Chancen deutlich und betreffen beispielsweise Infrastruktur, Energieproduktion,

Wirtschaftssektoren wie der Tourismus, die Forst- und die Landwirtschaft sowie die Gesundheit der Menschen (Köllner et al. 2017).

Während die möglichen sektoralen Auswirkungen des Klimawandels – beispielsweise auf Landwirtschaft, Gewässer, Biodiversität oder für betroffene Wirtschaftssektoren – durchaus Gegenstand der Forschung sind (siehe beispielsweise BAFU 2021; BAFU 2018; Bellard et al. 2012; Graf et al. 2021; Köllner et al. 2017; Pluess et al. 2016), wurden die möglichen resultierenden Veränderungen der Landschaft in schweizerischen und internationalen Publikationen bislang kaum thematisiert. Es gibt einige Publikationen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Landschaftsausschnitte; beispielsweise auf alpine Berglandschaften (Briner et al. 2012; Elkin et al. 2013; Tasser et al. 2017), auf Waldlandschaften in Ontario, Kanada (Thompson et al. 1998) oder auf Agrarlandschaften in Kalifornien, in den Vereinigten Staaten (Jackson et al. 2011). Der Bericht von Melnick et al. (2017) befasst sich explizit mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Kulturlandschaften. Jedoch ist der Bericht stark auf Managementpraktiken in Nationalparkgebieten der Vereinigten Staaten ausgerichtet. Im Bericht wird ein mehrstufiges Verfahren vorgeschlagen, bestehend aus (1) einer Vulnerabilitätsanalyse der Kulturlandschaft gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels, (2) einer Massnahmenplanung sowie (3) einer Massnahmenimplementierung und einem Monitoring (Melnick et al. 2017). In Johnson (2020) wurde dieses Verfahren auf mehrere Nationalparke der Vereinigten Staaten angewendet. Die aufgelisteten Publikationen beschäftigen sich mit wesentlichen Teilaspekten der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften. Eine umfassende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf der integrierenden und integralen Landschaftsebene liegt aktuell noch nicht vor.

Dies kann in zweierlei Hinsicht als eine deutliche Forschungslücke gesehen werden. Erstens sind Landschaften stets mehr als die Summe ihrer Einzelelemente und sollten daher als Gesamtes analysiert werden (Naveh & Lieberman 1994). Zweitens verursachen viele der sektoralen Auswirkungen des Klimawandels in Landwirtschaft, Tourismus oder Siedlungsentwicklung Folgen für Landschaften, die sich nicht nur kombiniert, sondern auch interagierend auswirken (BAFU & MeteoSchweiz 2020). Folglich ist ein integrales Verständnis der Auswirkung des Klimawandels auf Landschaften, welches sektorale Interaktionen thematisiert, zentral, um ein vertieftes Verständnis für die ökologischen und soziokulturellen Auswirkungen des Klimawandels zu erlangen und darauf aufbauend Strategien und Massnahmen für eine nachhaltige Adaption an den Klimawandel zu entwickeln. Da Landschaften identitätsstiftend sind und affektive Beziehungen zwischen Menschen und Landschaften möglich sind (Rey et al. 2017), kann ein Verständnis für die Entwicklung von Landschaften unter Einfluss des Klimawandels darüber hinaus als wirkungsvolles Instrument zur Sensibilisierung der breiten Öffentlichkeit für die Auswirkungen und Risiken des Klimawandels fungieren. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für einen wirkungsvollen Klimaschutz (BAFU & MeteoSchweiz 2020).

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

1.2.1 Zielsetzung

Diese Masterarbeit will einen Beitrag zum Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz und insbesondere in der Fallregion Ramosch im Unterengadin (GR) leisten. Deshalb ist es Ziel der vorliegenden Masterarbeit, ein methodisches Vorgehen zu entwickeln, mit dem die möglichen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene evaluiert und dargestellt werden können. Dieses soll für die Fallregion Ramosch im Unterengadin beispielhaft angewendet werden.

Weil menschliche Interaktion mit ihrer Umwelt vorrangig auf der Landschaftsebene stattfindet (Gobster et al. 2007; Millennium Ecosystem Assessment Program 2005), kann ein Verständnis für die Entwicklung von Landschaften unter Einfluss des Klimawandels zudem zur Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels beitragen. Deshalb möchte die vorliegende Masterarbeit den Diskurs zu diesem Thema fördern. Zu diesem Zweck wird innerhalb der Entwicklung des methodischen Vorgehens und deren Anwendung ein Fokus auf die Suche nach geeigneten Medien zur Darstellung der Erkenntnisse gelegt, die verschiedenen Bevölkerungsgruppen den Zugang zu diesem Thema ermöglichen sollen.

Konkrete Ziele der Arbeit sind die folgenden:

- Die Entwicklung eines methodischen Vorgehens zur Evaluation und Darstellung der möglichen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften.
- Die Evaluierung der wichtigsten erwarteten direkten und indirekten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz unter Einbezug der relevanten Literatur, politischer Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel und des Wissens von Expert:innen.
- Die Ausarbeitung der wichtigsten erwarteten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels für die Fallregion Ramosch im Unterengadin unter Einbezug lokaler Expert:innen sowie deren Darstellung in Storylines und Visualisierungen.
- Eine Befragung verschiedener Akteursgruppen hinsichtlich ihrer Bewertung der Visualisierungen möglicher Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels in Ramosch und die Analyse dieser Bewertungen.

1.2.2 Forschungsfragen

Die folgenden Forschungsfragen leiten die Masterarbeit:

- **Forschungsfrage 1 (FF1) - Entwicklung eines methodischen Vorgehens:** Wie können die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften evaluiert und dargestellt werden?
- **Forschungsfrage 2 (FF2) - Klimawandel als Treiber von Landschaftsveränderungen in der Schweiz:** Welches sind die wichtigsten erwarteten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz?
- **Forschungsfrage 3 (FF3) - Regionenspezifische Anwendung des methodischen Vorgehens:** Welche regionenspezifischen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften können für die Falllandschaft in Ramosch im Unterengadin erwartet werden? Wie lassen sich diese erwarteten Auswirkungen in Storylines sowie Visualisierungen darstellen?
- **Forschungsfrage 4 (FF4) - Reaktionen:** Wie bewerten unterschiedliche Akteursgruppen die heutige Landschaft sowie Visualisierungen möglicher Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels in Ramosch?

1.3 Kooperationen

Es bestand eine enge Zusammenarbeit zwischen dieser Masterarbeit und dem Forschungsprojekt «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel», ein Projekt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, der Université de Lausanne, dem Centre interdisciplinaire de recherche sur la montagne, der Fondation Jean-Marcel Aubert, der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz, dem Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA) sowie der Ikonaut GmbH. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt, BAFU finanziert. Die Autorin sowie die Betreuenden dieser Masterarbeit waren alle am obengenannten Projekt beteiligt.

Die Arbeiten, die im Rahmen des Projekts stattfanden, sind klar von jenen getrennt, die im Rahmen der Masterarbeit stattfanden. In der Masterarbeit wurde eine Falllandschaft in Ramosch behandelt, in besagtem Projekt die Regionen Seeland (BE) und Entremont (VS). Die Entwicklung des methodischen Vorgehens fand im Rahmen der Masterarbeit statt. Synergien bestanden insbesondere bei der Durchführung derjenigen Arbeitsschritte, die nicht spezifisch für die Falllandschaft durchgeführt wurden.

Weiterführende Informationen zum Projekt können unter folgendem Link aufgerufen werden: <https://www.wsl.ch/de/projekte/4c-oder-mehr-landschaften-im-klimawandel.html>

2 Stand der Forschung

2.1 Klimawandel

2.1.1 Klimaszenarien für die Schweiz

Die Schweiz liegt in der klimatischen Zone der Westwinde in den nördlichen mittleren Breiten (NCCS 2018a). Feuchte Luft gelangt vom Atlantischen Ozean und dem Mittelmeer in die Schweiz und Hochdruckphasen bringen stabile Wetterlagen (NCCS 2018a). Aufgrund der komplexen Topografie der Alpen mit grossen Höhenunterschieden ist die Schweiz geprägt von räumlicher Heterogenität und kleinräumigen Wetter- und Klimaphänomenen (NCCS 2018a).

Die Swiss Climate Scenarios CH2018 (CH2018) wurden unter Mitarbeit mehrerer namhafter Forschungsinstitutionen verfasst und repräsentieren den Konsens der schweizerischen Klimaforschenden, der von der internationalen Forschungsgemeinschaft unterstützt wird (NCCS 2018a). Die Klimaszenarien wurden unter Einbezug aller relevanten globalen und regionalen Klimamodelle, Messreihen sowie dem aktuellsten Prozessverständnis erarbeitet (NCCS 2018a). In den nächsten Abschnitten werden die für diese Arbeit relevanten, zentralen Erkenntnisse der Swiss Climate Scenarios CH2018 kurz zusammengefasst (NCCS 2018a).

CH2018 operiert mit den drei repräsentativen Konzentrationspfaden (Representative Concentration Pathways, RCPs), die in den Bewertungsberichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verwendet werden. Die RCPs sind nach dem Niveau des Strahlungsantriebs (W/m^2) benannt, das im jeweiligen Szenario bis zum Ende des 21. Jahrhundert erreicht wird. RCP2.6 entspricht einer weltweit starken Reduktion des Treibhausgasausstosses während des frühen 21. Jahrhunderts und einer globalen mittleren Oberflächentemperaturänderung von unter 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Periode. RCP4.5 entspricht einer Reduktion der Treibhausgasemissionen nach 2050 und einer globalen mittleren Oberflächentemperaturänderung von rund 2.5 °C bis Ende des 21. Jahrhunderts. RCP8.5 entspricht einem fortgesetzten Emissionswachstum bis zum Ende des 21. Jahrhunderts und einer globalen mittleren Oberflächentemperaturänderung von 4 bis 5 °C . RCPs werden in erster Linie verwendet, um die klimatischen Folgen der Emissionen von langlebigen Treibhausgasen (v.a. CO_2) zu erforschen. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 20–21)

Damit kurzfristige Klimavariabilität nicht abgebildet wird, werden in CH2018 Perioden von 30 Jahren verwendet. Die aktuelle offizielle Normperiode 1981-2010 wird als Referenzperiode für den Vergleich projizierter Klimaänderungen mit dem heutigen Klima verwendet. Die drei zukünftigen Perioden 2020-2049, 2045-2074 und 2070-2099 werden für Zukunftsprojektionen verwendet. Zur Vereinfachung werden diese Perioden nach dem jeweils mittleren Jahr benannt, sprich 2035, 2060 und 2085. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 22)

Die Klimadaten werden im CH2018 für fünf Modellregionen der Schweiz räumlich aggregiert. Diese Modellregionen sind ähnlich gross und unterteilen die Schweiz in klimatisch unterschiedliche Regionen. Namentlich handelt es sich um folgende fünf Modellregionen: Nordostschweiz (CHNE), Westschweiz (CHW), Südschweiz (CHS), Westschweizer Alpen (CHAW) und Ostschweizer Alpen (CHAE). In Abbildung 1 werden die Gebietsabgrenzungen der fünf Regionen gezeigt. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 22)

Seit Messbeginn (1864) hat sich das Klima in der Schweiz deutlich verändert. Zwischen 1864 und 2017 hat sich die durchschnittliche bodennahe Lufttemperatur um rund 2 °C erhöht, was verglichen mit der globalen Erwärmung von 0.9 °C eine überdurchschnittliche Erwärmung bedeutet. Die grösste Erwärmung fand nach 1980 statt. Die Nullgradgrenze hat sich seit 1960 um 300 bis 400 m nach oben verschoben. Das Volumen der alpinen Gletscher ist seit 1850 um rund 60 % geschrumpft und die Anzahl Schnee- und Schneefalltage hat seit 1970 auf Flächen über 2000 m ü. M. durchschnittlich um 20 % und auf Flächen unter 800 m ü. M. um durchschnittlich 50 % abgenommen. Weiter wurden Starkniederschlagsereignisse seit Anfang des 20. Jahrhundert deutlich häufiger (+30 %) und intensiver (+12 %). (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 26)

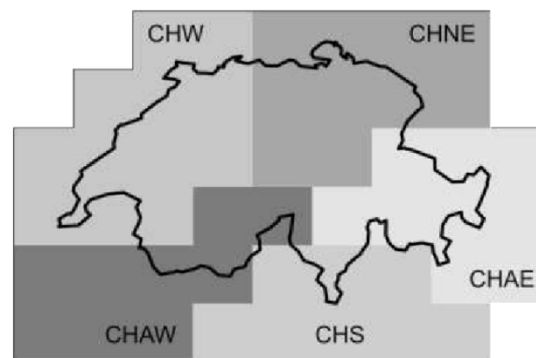


Abbildung 1: Die fünf CH2018 Modellregionen der Schweiz (NCCS, 2018a, p. 23)

Die globale Erwärmung wird sich im 21. Jahrhundert fortsetzen, wobei die natürliche Klimavariabilität die Effekte der anthropogen verursachten Klimaerwärmung lokal überdecken, abschwächen oder verstärken kann. Die erwarteten zukünftigen Veränderungen des Klimawandels werden in der Schweiz sehr wahrscheinlich stärker sein als die durchschnittlichen globalen Veränderungen. So wird im RCP2.6 Szenario, das eine globale Erwärmung von maximal 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Periode annimmt, in der Schweiz eine Erwärmung von 2.1 bis 3.4 °C erwartet. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 7)

Die Klimaprojektionen für die Schweiz zeigen für alle Jahreszeiten, Regionen und Emissionsszenarien eine Temperaturerhöhung. Bei den kurzfristigen Projektionen (2035) hat die Wahl des Emissionsszenarios nur einen geringen Einfluss auf die mittlere Jahrestemperatur. Über das 21. Jahrhundert hinweg divergieren die projizierten Auswirkungen der Emissionsszenarien jedoch stark. Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die projizierten Veränderungen der mittleren Jahrestemperatur für die verschiedenen Perioden und Emissionsszenarien. Eine besonders grosse Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur von +4.3 °C im Vergleich zur Referenzperiode wird für RCP8.5 für Ende des 21. Jahrhunderts (2085) erwartet. Es wird davon ausgegangen, dass die mittleren Temperaturen im Sommer mehr steigen werden als im Winter. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 57)

Tabelle 1: Projizierte Veränderung der mittleren Jahrestemperatur (°C) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	+1.1	+1.2	+1.4
2060	+1.2	+1.8	+2.6
2085	+1.2	+2.1	+4.3

Zentral- und Südeuropa, und somit auch die Schweiz, wird besonders stark von Veränderungen der heissen Temperaturextreme betroffen sein. Auch diese Veränderungen sind für RCP8.5 und die Periode 2070-2099 besonders gross. Für dieses Szenario wird erwartet, dass der heisseste Tag im Jahr 5.8 °C wärmer sein wird. Sehr heisse Tage, definiert als Hitzetage, die heute durchschnittlich einmal jährlich auftreten, werden nicht mehr an 1 Tag, sondern an 22 Tagen erwartet. Für die Schweiz werden längere Hitzewellen und häufigere extrem heisse Tage erwartet. Hitzestress wird insbesondere tiefer gelegene Gebiete, wo in der Schweiz die grösste Bevölkerungsdichte herrscht, betreffen und kann durch urbane Wärmeinseleffekte verstärkt werden. Nachstehende Tabellen geben einen Überblick über die projizierten Veränderungen der Temperatur des heissesten Tags im Jahr und der Anzahl sehr heisser Tage pro Jahr für die verschiedenen Perioden und Emissionsszenarien. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 103)

Tabelle 2: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Temperatur des heissesten Tages im Jahr (°C) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	+1.4	+1.5	+1.8
2060	+1.6	+2.6	+3.5
2085	+1.7	+2.8	+5.8

Tabelle 3: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Anzahl sehr heisser Tage pro Jahr für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	+2	+3	+2
2060	+2	+6	+7
2085	+2	+6	+21

Es wird davon ausgegangen, dass der mittlere Niederschlag in der Schweiz im Winter zunehmen und im Sommer abnehmen wird. Für Frühjahr und Herbst werden keine markanten Veränderungen der Niederschlagssummen erwartet. Das Emissionsszenario (RCP) hat wiederum gegen Ende des 21. Jahrhunderts den markantesten Einfluss. Für RCP8.5 wird bis Ende des 21. Jahrhunderts eine Zunahme des Winterniederschlags um 15 % und eine Abnahme des Sommerniederschlags um 21 % erwartet. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 59).

Es wird erwartet, dass in Zukunft in den Sommermonaten mehr regenfreie Tage auftreten werden. Zudem führen wärmere Temperaturen zu mehr Evapotranspiration. Die Abnahme des Sommerniederschlags kombiniert mit einer erhöhten Evapotranspiration führt zu einem Wasserdefizit. Gegen Ende des Jahrhunderts könnten Trockenperioden, wie sie bisher ein- bis zweimal in zehn Jahren auftraten, jedes zweite Jahr vorkommen. Nachstehende Tabellen geben einen Überblick über die projizierten Veränderungen des Winter- und Sommerniederschlags für die verschiedenen Perioden und Emissionsszenarien. (Abschnitt nach NCCS 2018b, S. 6)

Tabelle 4: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssumme im Winter (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	+6	+8	+8
2060	+7	+7	+8
2085	+6	+8	+15

Tabelle 5: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssumme im Sommer (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	-3	-5	-4
2060	-3	-9	-11
2085	-4	-8	-21

Mit voranschreitendem Klimawandel werden häufigere und intensivere Starkniederschlagsereignisse erwartet. Dies gilt für alle Jahreszeiten, aber insbesondere für das Winterhalbjahr. Dieser Trend betrifft alle Niederschlagsereignisse, also kurze Starkniederschläge wie auch mehrtägige Niederschlagsereignisse. Weiter findet mit einer Erwärmung auch eine Verschiebung des Aggregatzustands der Niederschläge von fest (Schnee) zu flüssig (Regen) statt, was wiederum weitreichende Konsequenzen für Abflussregimes haben kann. Nachstehende Tabellen geben einen Überblick über die projizierten Veränderungen der stärksten jährlichen sowie der 100-jährlichen 1-Tages Niederschlagsereignisse für die verschiedenen Jahreszeiten, Perioden und Emissionsszenarien. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 103)

Tabelle 6: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssummen des stärksten jährlichen 1-Tages Niederschlagsereignisses (Sommer / Winter) (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	-0 / +6	-0 / +8	+3 / +8
2060	+2 / +7	+0 / +8	+6 / +9
2085	+3 / +8	+6 / +9	+4 / +18

Tabelle 7: Projizierte Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagssummen eines 100-jährlichen 1-Tages Niederschlagsereignisses im (Sommer / Winter) (%) für jeweils drei Zeitperioden und RCPs (NCCS, 2018a, p. 209-217)

	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
2035	+5 / +6	+5 / +9	+7 / +8
2060	+5 / +7	+5 / +10	+12 / +8
2085	+5 / +7	+12 / +11	+17 / +18

Bis Ende des 21. Jahrhunderts wird sowohl für RCP4.5 wie auch für RCP8.5 während des ganzen Winters und auf allen Höhenstufen, mit Ausnahme der Gebiete über 2000 m ü. M. mitten im Winter, eine Abnahme der mittleren Schneefallsummen erwartet. Für RCP4.5 wird unter 750 m ü. M. eine Reduktion des mittleren Schneefalls um über 50 % erwartet. Für RCP8.5 wird die gleiche Abnahme für Gebiete unter 1250 m ü. M. erwartet. Die erwartete leichte Zunahme des Schneefalls in Gebieten über 2000 m ü. M. mitten im Winter lässt sich primär mit der Zunahme der Winterniederschläge erklären. Die Abnahme der mittleren Schneefallsummen führt zu einer reduzierten Schneeakkumulation und die steigenden Temperaturen beschleunigen die Schmelzprozesse und so die Ablation der Schneedecke. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 62)

2.1.2 Klimaszenarien für die Ostschweizer Alpen

Wie bereits erwähnt, wurden die Klimadaten des CH2018 für fünf Modellregionen der Schweiz räumlich aggregiert (NCCS 2018a, S. 22). Die Falllandschaft dieser Masterarbeit in Ramosch im Unterengadin liegt in der Region der Ostschweizer Alpen (CHAE). Nachfolgend werden einige wichtige Klimaindikatoren für diese Region im Vergleich zur jenen für die ganze Schweiz beleuchtet. Da sich die Storylines und die Visualisierungen an RCP8.5 und der Zeitperiode 2070 – 2099 orientieren (siehe Kapitel 4.2), wird nicht auf andere RCPs und Zeitperioden eingegangen. Untenstehende Tabelle gibt einen vergleichenden Überblick über die Klimaszenarien für die Schweiz und die Ostschweizer Alpen.

Tabelle 8: Projizierte Veränderung der Klimaindikatoren für RCP8.5 und die Zeitperiode 2085 für die Schweiz (CH) und die Ostschweizer Alpen (CHAE) im Vergleich (NCCS, 2018a, p. 209-217)

Klimaindikator	Schweiz (CH)	Ostschweizer Alpen (CHAE)
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	+4.3	+4.5
Heissester Tag im Jahr (°C)	+5.8	+5.8
Sehr heisse Tage (°C)	+21	+21
Winterniederschlag (%)	+15	+17
Sommerniederschlag (%)	-21	-10
Stärkstes jährliches 1-Tages Niederschlagsereignis (Sommer / Winter) (%)	+4 / +18	+5 / +20
100-jährliches 1-Tages Niederschlagsereignis (Sommer / Winter) (%)	+17 / +18	+18 / +18

Die erwarteten Veränderungen der wichtigsten Klimaindikatoren für die Ostschweizer Alpen weichen grösstenteils nicht wesentlich von jenen für die Schweiz ab. Es wird erwartet, dass die mittlere Jahrestemperatur in den alpinen Regionen der Schweiz am stärksten steigen wird, was sich darin manifestiert, dass in den Ostschweizer Alpen die erwartete mittlere Jahrestemperatur um 0.2 °C mehr steigt als im schweizweiten Durchschnitt. Am stärksten weichen die Projektionen bei den Veränderungen der saisonalen Niederschläge ab. Während für die Schweiz mit einer Zunahme des Winterniederschlags um 15 % gerechnet wird, wird für die Ostschweizer Alpen eine Zunahme von

17 % erwartet. Hingegen wird für die Schweiz eine Abnahme des Sommerniederschlags um 21 % und für die Ostschweizer Alpen eine Abnahme von 10 % erwartet. Die Schweiz liegt zwischen zwei klimatischen Grossregionen, wobei für Nordeuropa eine Zunahme und für Südeuropa eine Abnahme des Sommerniederschlags erwartet wird. Ein Teil der Abweichungen zwischen der Schweiz und den Ostschweizer Alpen lässt sich dadurch erklären, dass die Werte aus den Resultaten zahlreicher Klimamodelle ermittelt werden und die einzelnen Modelle die Grenzen dieser Grossregionen unterschiedlich festlegen. (Abschnitt nach NCCS 2018a, S. 59)

2.1.3 Chancen und Risiken des Klimawandels für die Schweiz

Das Klima in der Schweiz hat sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert, die Auswirkungen davon auf Mensch und Umwelt sind bereits heute spürbar und es ist anzunehmen, dass sie sich unter Einfluss des voranschreitenden anthropogenen Klimawandels intensivieren werden (Köllner et al. 2017). Als Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz hat das Bundesamt für Umwelt die klimabedingten Risiken und Chancen schweizweit analysiert (Köllner et al. 2017). Um diese abzuschätzen wurden die heutigen Bedingungen mit den erwarteten Bedingungen der Periode 2045 – 2074 unter einem starken Klimawandelszenario (RCP8.5) verglichen (Köllner et al. 2017). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass deutlich mehr Risiken als Chancen erwartet werden können. Als prioritäre Risiken des Klimawandels werden identifiziert (Köllner et al. 2017, S. 12–13):

- **Grössere Hitzebelastung** mit negativen Folgen für die menschliche Gesundheit, erwarteten Leistungseinbussen bei der Arbeit und einer Zunahme des Kühlenergiebedarfs.
- **Zunehmende Trockenheit**, die zu Ernteeinbussen in der Landwirtschaft, einer erhöhten Waldbrandgefahr, Wasserknappheit und einer Abnahme der sommerlichen Wasserkraftproduktion führen kann.
- **Steigende Schneefallgrenze** und damit verbundene Ertragseinbussen im Bereich Wintertourismus.
- **Steigendes Hochwasserrisiken** mit Risiken für Personen- und Sachschäden.
- **Abnehmende Hangstabilität und häufigere Massenbewegungen** mit Risiken für Personen- und Sachschäden.
- **Beeinträchtigungen der Wasser-, Boden- und Luftqualität.**
- **Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft** mit entsprechenden Beeinträchtigungen der Biodiversität.
- **Ausbreitung von Schadorganismen, Krankheiten und gebietsfremden Arten** mit Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit, der Gesundheit von Nutz- und Heimtieren sowie Ernteeinbussen in der Landwirtschaft und Beeinträchtigungen von Waldleistungen.

Als prioritäre Chancen des Klimawandels werden identifiziert (Köllner et al. 2017, S. 12–13):

- **Verbesserung von Standortbedingungen** mit einer Abnahme des Heizenergiebedarfs, einer Zunahme der Erträge im Sommertourismus sowie einer Zunahme der Erträge in der Landwirtschaft, beispielsweise durch eine verlängerte Vegetationsperiode.
- **Steigende Schneefallgrenze** und die damit verbundene Zunahme der winterlichen Energieproduktion sowie einer Abnahme der schneebedingten Sachschäden und Unterhaltskosten
- **Veränderung von Lebensräumen, Artenzusammensetzung und Landschaft** mit entsprechenden Vorteilen für die Biodiversität

2.1.4 Einschätzung der Unsicherheiten von Klimaszenarien

Die vorliegende Masterarbeit stützt sich für Aussagen zu Klimaszenarien auf die CH2018 Klimaprojektionen. Alle Projektionen des CH2018 werden auf die Projektionen eines Ensembles verschiedener Modelle gestützt (NCCS 2018a). Die Streuung der Projektionen dieser Modelle beschreibt deskriptiv die durch das Modell-Ensemble repräsentierte Unsicherheit und wurde im CH2018 expert:innenbasiert interpretiert, weil die Spanne der Modellstreuung nicht einer Eintrittswahrscheinlichkeit entspricht (NCCS 2018a). Beispielsweise entspricht eine 90 % Spanne der

Modellstreuung nicht einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 90 % (NCCS 2018a). Jede projizierte Variable oder jeder projizierter Index hat eine eigene Unsicherheit und wird mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten verbunden (NCCS 2018a). Im CH2018 wird die Wahrscheinlichkeit, dass das tatsächliche Ergebnis in den prognostizierten Bereich von 90 % fällt, mit 66 % angenommen, sofern nicht anders angegeben (NCCS 2018a, S. 25).

Modelle beinhalten unvermeidlich gewisse Unsicherheiten, weil sie die realen Verhältnisse nur vereinfacht abbilden können (BAFU 2021). Quellen der Unsicherheit sind beispielsweise die Modellwahl und Modellstruktur, die Eingangsdaten, die Anfangsbedingungen, die natürliche Variabilität oder unvorhersehbare Ereignisse, die das System zum Kippen bringen (BAFU 2021). Werden die Klimaprojektionen verwendet, um Folgen für Subsysteme abzuschätzen, beispielsweise für hydrologische Simulationen und Szenarien, entstehen Bearbeitungsketten mit mehreren Bearbeitungsschritten und Annahmen (BAFU 2021). Bei verlängerten Bearbeitungsketten erhöht sich die Anzahl Kombinationsmöglichkeiten und die Komplexität der Szenarien, weshalb sich mit jedem Modellierungsschritt die Unsicherheit erhöht (BAFU 2021). Gleichzeitig steigt die Präzision fachspezifischer Aussagen (BAFU 2021).

Klimaprojektionen sind massgeblich vom anthropogenen Einfluss auf das Klima abhängig (NCCS 2018a). Mit den RCPs wird die Unsicherheit dieses Einflusses repräsentiert (NCCS 2018a). Das Eintreffen der RCPs hängt von sozioökonomischen Dynamiken und politischen Entscheidungen bezüglich Mitigation des Klimawandels ab (NCCS 2018a). Somit kann die Unsicherheit der Mitigation des Klimawandels als zweite Dimension der Unsicherheit bezeichnet werden (NCCS 2018a).

Die Implikationen der erläuterten Unsicherheiten für die vorliegende Masterarbeit werden in Kapitel 8.1.2 diskutiert.

2.1.5 Strategien zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz

Die Schweiz verfolgt eine Politik zur Reduktion der Treibhausgase und somit zur Mitigation des Klimawandels. Komplementär dazu besteht eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, die vom Bundesrat in zwei Teilen (Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder; Aktionspläne mit konkreten Anpassungszielen) verabschiedet wurde (Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2020; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Ziel der verfolgten Strategien zur Anpassung an den Klimawandel ist eine Risikominimierung, der Schutz von Bevölkerung, Sachwerten und natürlichen Lebensgrundlagen sowie eine Steigerung der Anpassungsfähigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Weiter sollen die Chancen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, effektiv genutzt werden (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Dabei sollen die Grundprinzipien der Nachhaltigkeit, sprich eine Berücksichtigung der weltweiten Interessen heutiger und zukünftiger Generationen sowie eine gleiche Wertung der drei Dimensionen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, gelten (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012).

Innerhalb der Strategie zur Anpassung an den Klimawandel werden für die Sektoren Wasserwirtschaft und Hydrologie, Umgang mit Naturgefahren, Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Energie, Tourismus, Biodiversitätsmanagement, Gesundheit sowie Raumentwicklung und Stadtplanung die wichtigsten Herausforderungen identifiziert, Handlungsfelder der Anpassungen festgelegt, Anpassungsziele formuliert und die Stossrichtung zur Erreichung dieser Ziele skizziert (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Die einzelnen Sektoren und Bundesdepartemente bei der Erarbeitung von konkreten Anpassungsmassnahmen und deren Umsetzung die Hauptverantwortung (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Es wird jedoch betont, dass für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel landesweite Koordination und sektorübergreifende Zusammenarbeit notwendig ist, weshalb Schnittstellen zwischen den Sektoren identifiziert werden (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012).

2.2 Landschaft

2.2.1 Relevanz von Landschaft als Analyseebene

Menschliche Interaktion mit ihrer Umwelt findet vorrangig auf der Landschaftsebene statt und in der Landschaft werden die kombinierten Auswirkungen von Gesellschaft und Natur sichtbar (Bürgi et al. 2004; Farina 2000; Gobster et al. 2007; Millennium Ecosystem Assessment Program 2005). Zwischen Landschaften und menschlichen Aktivitäten besteht eine starke Wechselbeziehung, denn die Komposition und Konfiguration von Landschaften beeinflussen menschliche Aktivitäten signifikant, werden aber auch signifikant von menschlichen Aktivitäten beeinflusst (Wu 2013). Somit ist die Landschaftsebene geeignet, um Verflechtungen von der Gesellschaft mit ihrer Umwelt zu konzeptualisieren und evaluieren (Gobster et al. 2007; Millennium Ecosystem Assessment Program 2005; Wu 2013).

Vor dem Hintergrund zahlreicher globaler sozioökologischer Krisen und der Einsicht, dass Entwicklungen hin zu einer nachhaltigen Entwicklung dringlich notwendig sind, wird deutlich, dass neue integrative Ansätze vonnöten sind, um die Vielzahl globaler Herausforderungen zu lösen (Bürgi et al. 2017; Wu 2013). Zu diesen Ansätzen zählen die interdisziplinären- und transdisziplinären 'landscape approaches' (Arts et al. 2017; Bürgi et al. 2017). Sie streben eine möglichst ganzheitliche, holistische Erfassung von Landschaft an und fokussieren demnach nicht auf die Analyse räumlicher Muster oder die Prozesse innerhalb einer Landschaft, sondern betrachten Landschaften als eine holistische Manifestation der Aktion und Interaktion von natürlichen und / oder menschlichen Faktoren (Council of Europe 2000; Duttmann 2020). Diese integrativen landschaftssystemaren Ansätze sind unter anderem aus der Einsicht entstanden, dass sektorale Ansätze den komplexen Mensch-Umwelt-Zusammenhängen in Landschaften nicht gerecht werden und deshalb ein nachhaltiges Landschaftsmanagement nicht adäquat fördern können (Bürgi et al. 2017; Duttmann 2020). Weiter können Landschaftsansätze Herangehensweisen bieten, um Zielkonflikte innerhalb grösserer räumlicher Einheiten anzugehen und die Widerstandsfähigkeit lokaler Gemeinschaften zu fördern (Bürgi et al. 2017). In diesen Ansätzen sehen verschiedene internationale Organisationen grosses Potenzial für die Lösung von realweltlichen Problemen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (Bürgi et al. 2017). So gewinnt auch die Teildisziplin Landscape Sustainability Science zunehmend an Bedeutung, weil sie einen verbesserten inter- und transdisziplinären Zugang zum Gesamtsystem Landschaft beitragen kann (Duttmann 2020; Wu 2013). Landscape Sustainability Science bezeichnet frei nach Wu (2013, S. 999) eine raumbezogene und anwendungsorientierte Wissenschaft, die auf ein verbessertes Verständnis der dynamischen Beziehungen zwischen Ökosystemdienstleistung und menschlichem Wohlbefinden in sich verändernden Landschaften unter Einfluss innerer und externer Störungen abzielt. In der Landscape Sustainability Science wird Landschaft aus nachhaltigkeitsbezogener Perspektive als ein räumlich heterogenes, gekoppeltes Mensch-Umwelt-System konzeptualisiert (Duttmann 2020). Mit dieser umfassenden Perspektive bietet die Landscape Sustainability Science ein grosses Potenzial, um das Verständnis vieler dynamischer Mensch-Umwelt-Prozesse auf der Landschaftsebene zu fördern.

Die Landschaftsebene ist somit geeignet, um die Verflechtungen von Natur und Gesellschaften zu analysieren und um Lösungen zu realweltlichen Problemen zu suchen.

2.2.2 Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen

Landschaftsqualitäten sind prägend für den Charakter einer Landschaft (Rodewald et al. 2014). Sie sind nach Rodewald et al. (2014, S. 10) definiert als *«objektiv ermittelbare Eigenschaften [einer Landschaft], die individuell und gesellschaftlich unterschiedlich wahrgenommen werden können [...] [und] der Sicherung von Leistungen, welche durch die Landschaft erbracht werden [dienen].»*.

Ansätze der Landschafts- und Ökosystemdienstleistungen ("landscape services" und "ecosystem services") werden breit angewendet, um die Beträge, die Natur und Landschaften für die Wohlfahrt und das menschliche Wohlergehen leisten, greifbar werden zu lassen (Keller et al. 2019; Keller & Backhaus 2017; Termorshuizen & Opdam 2009). Es sind anthropozentrische, normative Ansätze mit einem nutzenorientiertem Fokus auf der Erfassung von Werten (Keller et al. 2019). Während der Ansatz der

Ökosystemdienstleistungen extrem breit angewendet wird, existiert keine einheitliche Definition von Landschaftsleistungen (Keller & Backhaus 2017; Termorshuizen & Opdam 2009). Im Kontext dieser Masterarbeit wird die Definition von Keller und Backhaus (2017, S. 19) verwendet: «*Landschaftsleistungen sind Landschaftsfunktionen, die den Individuen und der Gesellschaft einen direkten wirtschaftlichen, sozialen und gesundheitlichen Nutzen bringen. Sie haben in vielen Fällen den Charakter öffentlicher Güter.*» Angelehnt an die Kategorisierung innerhalb des Konzepts der Ökosystemdienstleistungen, können auch Landschaftsleistungen in verschiedene Kategorien eingeteilt werden (Keller & Backhaus 2017). Grêt-Regamey et al. (2012) nehmen eine Unterteilung in fünf Kategorien vor, die nachfolgend kurz zusammengefasst wird.

- 1. Informationsleistungen:** Landschaften leisten einen Beitrag zum körperlichen sowie seelischen Wohlbefinden und zur Gesundheit. Zudem ermöglichen sie eine räumliche Identifikation sowie das Erleben der räumlich konkreten Natur- und Kulturgeschichte im Sinne eines räumlichen Gedächtnisses.
- 2. Habitatleistungen:** Landschaften sind Lebensraum und Lebenswelt für verschiedene Pflanzen- und Tierarten und ermöglichen das Überleben dieser Arten.
- 3. Produktionsleistungen:** Landschaften haben die Fähigkeit Biomasse bereitzustellen, die den Menschen beispielsweise als Nahrungsgrundlage, als Baustoff oder zur Energiegewinnung dienen.
- 4. Regulierungsleistungen:** Landschaften nehmen vielfältige Regulierungsfunktionen wahr, beispielsweise die Lärmreduktion, die Luftreinigung, die Klimaregulierung, die Bereitstellung von Süßwasser oder der Schutz vor Naturgefahren.
- 5. Trägerleistungen:** Landschaften umfassen den gesamten Raum und sind somit Trägerinnen von vielfältigen Flächennutzungen, indem sie den Boden als Untergrund für lebenswichtige Leistungen bereitstellen.

Zwischen verschiedenen Leistungen können Konflikte bestehen, denn die Qualitäten einer Landschaft, die der Bereitstellung bestimmter Leistungen dienen, können die Produktion anderer Leistungen verhindern oder beeinträchtigen (Grêt-Regamey et al. 2012). Weiter hängt die Wahrnehmung von Landschaftsleistungen von der Nutzungsabsicht, der Interessenslage und dem Gemütszustand ihrer Empfänger:innen ab (Grêt-Regamey et al. 2012). Landschaftsleistungen werden somit erst über die Erfüllung der Erwartungen an die Landschaft und ihrer Wahrnehmung definiert (Grêt-Regamey et al. 2012). Insgesamt zeigt die grosse Diversität der Funktionen und Leistungen, die von Landschaften ausgeht die zentrale Bedeutung von Landschaften für das Wohl von Individuen und Gesellschaften als Ganzes auf und es wird deutlich, dass Landschaften massgeblich zur Lebensqualität von Menschen beitragen (Council of Europe 2000; Grêt-Regamey et al. 2012; Keller & Backhaus 2017; Rey et al. 2017).

2.2.3 Landschaftswandel

Landschaften werden alltagsweltlich, aber auch in Politik, Verwaltung und Wissenschaft, oftmals als statisch, zeitlos oder zyklisch gedacht (Duttmann et al. 2020; Selman 2012). Wandel ist jedoch ein inhärentes Merkmal von Landschaften, weil die kombinierten Auswirkungen von Gesellschaften und Natur sich auf der Landschaftsebene deutlich manifestieren und Gesellschaft und Natur inhärent dynamisch sind (Bürgi et al. 2004). Landschaften werden seit Jahrtausenden von Menschen und ihren Aktivitäten geprägt (Ellis 2015; Farina 2000). In ihrer Entwicklungsgeschichte, sowohl in der näheren wie in der fernerer Vergangenheit, waren Landschaften in stetigem Wandel, wobei Kontext, Richtung des Wandels und Geschwindigkeit der Veränderung in Zeit und Raum variierten (Plieninger et al. 2016; Schneeberger 2007). In den letzten Jahrzehnten wurden global weitreichende Landschaftsveränderungen mit hohen Veränderungsgeschwindigkeiten festgestellt und mit Risiken für die Nachhaltigkeit von Landschaften in Verbindung gebracht, etwa durch Urbanisierung, Intensivierung der Landwirtschaft, Landnutzungsaufgabe, internationalen Handel und neue Landnutzungsansprüche (Plieninger et al. 2016; Plieninger & Bieling 2012; Schneeberger 2007; Selman 2012). Deshalb rückte die Analyse der Treiber von und der Gründe für Landschaftsveränderungen in das Zentrum vieler Studien innerhalb der Landschaftsforschung (Plieninger et al. 2016).

Um Landschaften und ihren Wandel analysieren zu können ist es dienlich, menschliche Einflüsse integrativ im Sinne der Interaktionen zwischen Gesellschaften und ihrer Umwelt zu betrachten (Bürgi et al. 2004). Das Konzept von Bürgi et al. (2004) der «Driving Forces» gilt innerhalb der Landschaftsforschung als ein wichtiges Konzept, um Treiber von Landschaftsveränderungen zu analysieren (Plieninger et al. 2016). Als Driving Forces gelten Kräfte, die Landschaftsveränderungen antreiben, sprich einflussreiche Prozesse in der evolutionären Entwicklung einer Landschaft (Bürgi et al. 2004). Das Konzept wird in der Analyse der Ursachen und Folgen von Landschaftswandel verwendet (Plieninger et al. 2016). Die Anwendung des Konzepts der Driving Forces hilft, über die reine Beobachtung von räumlichen Mustern hinweg zu kommen und Landschaften als integrative Prozesse zu verstehen (Bürgi et al. 2004). Als die fünf grossen Kategorien von Driving Forces gelten ökonomische, politische, technologische, natürliche und kulturelle Driving Forces (Bürgi et al. 2004; Hersperger & Bürgi 2009). Ökonomische Driving Forces umfassen Ansprüche der Konsument:innen, Marktstrukturen und staatliche Subventionen (Hersperger & Bürgi 2009). Weil ökonomische Gegebenheiten oft in politischen Programmen, Gesetzen und Policen wiedergespiegelt werden, sind die ökonomischen und politischen Driving Forces stark miteinander verflochten (Hersperger & Bürgi 2009). Technologische Driving Forces umfassen technologische Neuerungen, die sich landschaftlich manifestieren, beispielsweise die Auswirkungen von Infrastrukturbauten auf Siedlungsstrukturen (Bürgi et al. 2004; Hersperger & Bürgi 2009). Innerhalb der natürlichen Driving Forces kann zwischen Standortfaktoren, wie Klima, Topographie oder Bodencharakteristika und natürlichen Störungen, wie beispielsweise Klimawandel, Lawinen, Hurrikanen oder Murgängen, unterschieden werden (Bürgi et al. 2004). Die kulturellen Driving Forces stehen in starker Wechselwirkung mit Landschaften, sind jedoch schwer zu fassen (Bürgi et al. 2004). Dazu zählen zum Beispiel die Demographie, Lebensweisen und vergangene gesellschaftliche Entwicklungen (Hersperger & Bürgi 2007). Jede Analyse zu Driving Forces von Landschaftswandel bedarf der Wahl einer adäquaten räumlichen, zeitlichen und institutionellen Skala des zu analysierenden Systems, um eine Vereinfachung zu erreichen, ohne komplexreduzierend zu sein (Bürgi et al. 2004). Oftmals ist es notwendig zwischen primären, sekundären und tertiären Driving Forces zu unterscheiden, denn hinter einer Kraft, die eine Veränderung auslöst, stehen immer weitere Faktoren (Bürgi et al. 2004). Driving Forces können deshalb als verschachtelt betrachtet werden (Bürgi et al. 2004). Weiter kann eine Unterscheidung in intrinsische und extrinsische Driving Forces sinnvoll sein, also jene Kräfte, die innerhalb eines Systems wirken und jene, die von ausserhalb auf das System wirken (Bürgi et al. 2004). Landschaftswandel ist bei weitem nicht immer ein geplanter und gerichteter Prozess, sondern kann auch als Nebenprodukt anderer Prozesse stattfinden, weshalb eine Unterscheidung in beabsichtigte und unbeabsichtigte Driving Forces sinnvoll sein kann (Bürgi et al. 2004).

2.2.4 Klimawandel als Auslöser von Landschaftsveränderungen

Die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften sind divers und wurden in sektoralen Zugängen teils schon gründlich analysiert. So gibt es zahlreiche Studien, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biosphäre, die Hydrosphäre, die Geosphäre, menschliche Infrastrukturen, Ernährungssysteme oder Lebenswelten analysieren (siehe beispielsweise Bellard et al. 2012; East & Sankey 2020; Liu & Wimberly 2016). Auch liegen regionenspezifische Forschungsergebnisse zum alpinen Raum sowie der Schweiz vor (siehe beispielsweise Elkin et al. 2013; Köllner et al. 2017; NCCS 2018a). In diesen Studien wird deutlich, dass der anthropogene Klimawandel Kulturlandschaften bereits weitreichend verändert hat und sehr wahrscheinlich noch weiter verändern wird. Darüber hinaus gibt es Untersuchungen, die die Chancen und Risiken des Klimawandels für die Gesellschaft als Gesamtes thematisieren (siehe beispielsweise Köllner et al. 2017). Diese sektoralen Forschungsergebnisse sind von grosser Relevanz, um die komplexen Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Landschaften sowie zwischen Klimawandel und Gesellschaft zu verstehen. Jedoch liegen noch kaum Studien vor, die diese sektoralen Sichtweisen auf der integrierenden und integralen Landschaftsebene zusammenführen. Auch eine Evaluation von Interaktionen zwischen sektoralen Auswirkungen auf der Landschaftsebene fehlt weitgehend.

2.3 Landschaftsdarstellungen

In Hinblick auf das Ziel dieser Masterarbeit, die Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene darzustellen und einen Beitrag zur Sensibilisierung für die Auswirkungen des

Klimawandels zu leisten (siehe Kapitel 1.2.1), wird nachfolgend auf verschiedene Medien zur Landschaftsdarstellung eingegangen. Dabei liegt ein Fokus auf dem Potenzial der Medien zur Darstellung von Landschaft und zwecks Kommunikation im Bereich Klimawandel. In Kapitel 4.1 wird vertiefter auf die Anwendung dieser Medien im Rahmen dieser Masterarbeit eingegangen.

2.3.1 Abstraktion landschaftlicher Realität in konzeptionellen Systemmodellen

Die landschaftliche Realität ist in ihrer vollen Komplexität mit allen Strukturen und Prozessen nicht erfassbar und es ist deshalb sinnvoll, die landschaftliche Realität zu abstrahieren und in einem Modell abzubilden (Duttmann 2020). Ein derartiges Abbild einer landschaftlichen Realität beinhaltet notwendigerweise Vereinfachungen, sollte aber trotzdem eine ganzheitliche Perspektive einnehmen, die Interaktionen zwischen sozioökonomischen und biophysikalischen Prozessen, ihre Dynamiken sowie Rückkopplungen skalenübergreifend berücksichtigt (Duttmann 2020; Opdam et al. 2018). Mittels Systemanalyse können komplexe Prozesszusammenhänge in Landschaften analysiert werden (Duttmann 2020). Dabei wird Landschaft als ein offenes System verstanden (Duttmann 2020). Systeme lassen sich aus Speicherelementen, In- und Outputs, Regelementen und den Relationen und Fließbeziehungen zwischen Systemelementen, Subsystemen und benachbarten Systemen konstruieren (Duttmann 2020). Konzeptionelle Systemmodelle eignen sich zur Darstellung von zeitlichen und räumlichen Dynamiken von prozesssteuernden Variablen und den damit verbundenen zeitlichen und räumlichen Veränderungen der betrachteten Landschaftsprozesse (Duttmann 2020).

2.3.2 Geschichten als Medium zur Wissenschaftskommunikation im Bereich Klimawandel

Ein primäres Ziel der Wissenschaftskommunikation im Bereich Klimawandel ist es, ein Laienpublikum von der Ernsthaftigkeit des Problems und der Handlungsnotwendigkeit zu überzeugen (Morris et al. 2019). In diesem Zusammenhang ist Informationsgehalt wichtig, aber die Art und Weise wie diese Information vermittelt wird, ist zentral (Morris et al. 2019). Bei einer derart psychologisch fernen Bedrohung, wie der Klimawandel eine ist und der politischen Polarisierung dieses Themas, ist es besonders wichtig, Botschaften zuhörer:innengerecht zu formulieren (Harris 2020; Morris et al. 2019).

Geschichten sind eines der ursprünglichsten Konzepte überhaupt und werden seit jeher verwendet um mit Zuhörer:innen zu kommunizieren und diese zu engagieren (Moezzi et al. 2017). Geschichten sind eine uralte Art und Weise wie Menschen Informationen wahrnehmen, sie verbessern die Informationsaufnahme und -speicherung und sie können zu Überzeugungen, Einstellungen und Verhaltensänderungen anregen (Bloomfield & Manktelow 2021; Dahlstrom 2014; McComas & Shanahan 1999; Morris et al. 2019). Geschichtenerzählen ermöglicht es, komplexe Themen verschiedenen Zuhörer:innengruppen auf zugängliche Weise zu vermitteln (Cameron et al. 2015; Rice et al. 2015). Geschichten können durch ihre Bindung von Information an einen Kontext abstrakte Konzepte greifbarer werden lassen (Harris 2020). Im Kontext des Klimawandels ist dies relevant, weil viele unter dem Begriff Klimawandel zusammengefasste Phänomene abstrakt sind und der Klimawandel grosse zeitliche und räumliche Massstäbe betrifft sind, was häufig zu Verständnisschwierigkeiten führt (Chu & Yang 2018; Markowitz & Shariff 2012). Morris et al. (2019) konnten in drei Experimenten aufzeigen, dass Narrative, die als Geschichten formuliert waren, über verschiedene Zuhörer:innengruppen hinweg stärker zum Handeln motivierten als Narrative im faktenorientierten Erzählstil. Dies wird mit dem effektiveren Auslösen von emotionaler Erregung durch Geschichten begründet (Morris et al. 2019). Aus diesen Gründen werden Geschichten und Geschichtenerzählen als effektive Formen der Wissenschaftskommunikation, insbesondere in Bezug auf den Klimawandel, gesehen (Bloomfield & Manktelow 2021; Harris 2020; Moezzi et al. 2017; Morris et al. 2019).

2.3.3 (Landschafts-)visualisierungen als Medium zur Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels

Menschen können Informationen in visueller Form effektiver verarbeiten als über andere Kommunikationskanäle, weshalb eine Visualisierung die Notwendigkeit zur Vereinfachung von Informationen und das Risiko von Fehlkommunikation reduzieren kann (Vervoort & Kok 2010).

Darüber hinaus können Visualisierungen die Gedächtnisleistung erhöhen und die Informationsaufnahme verbessern (Thomas & Cook 2005; Vervoort & Kok 2010). Bilder können starke emotionale Reaktionen hervorrufen (Nicholson-Cole 2005). Dies macht sie zu nützlichen Sensibilisierungsinstrumenten, solange darauf geachtet wird, dass mit den Visualisierungen kein Gefühl der Überforderung oder Machtlosigkeit provoziert wird (Nicholson-Cole 2005). Visualisierungen vermitteln Daten und ermöglichen es den Betrachtenden, die zugrundeliegenden Informationen zu untersuchen (Grainger et al. 2016). Bei der Visualisierung von zukünftigen Szenarien, ist es wichtig, aktiv zu kommunizieren, dass die Visualisierungen plausible Darstellungen möglicher Zukunftsszenarien und keine Prophezeiungen sind, die definitiv eintreten werden (Dockerty et al. 2006). Werden verschiedene zukünftige Szenarien visualisiert, kann dies ein geeignetes Mittel sein, um aufzuzeigen, wo heutige Stellschrauben für zukünftige Entwicklungen sind (Dockerty et al. 2006). Beispielsweise kann so aufgezeigt werden, dass heutige gesellschaftliche Entscheidungen einen Einfluss auf die Resilienz zukünftiger Landschaften gegenüber dem Klimawandel haben (Dockerty et al. 2006).

Es gibt diverse psychologische Barrieren, die Menschen daran hindern, Verhaltensänderungen zu ergreifen, welche die Mitigation des Klimawandels sowie die Adaption an ihn fördern würden (Gifford 2011). Zum Teil gründen diese Barrieren auf Wahrnehmungslücken, die in der Verbindung zwischen Klimawandel und Menschen existieren (Sheppard 2015). Eine solche Lücke ist beispielsweise die Unsichtbarkeit des Klimawandels im alltäglichen Leben vieler Menschen (Sheppard 2015). Diese Lücken erschweren die Herstellung kognitiver Verbindungen zwischen verschiedenen Skalen und Zeithorizonten wie beispielsweise zwischen lokalen Landschaften und globalem Klimawandel oder zwischen heutigen Aktivitäten und zukünftigen Bedingungen (Sheppard 2015). Landschaften bieten einen geeigneten integrativen Rahmen, um das Engagement in Bezug auf Klimawandel zu fördern (Sheppard 2015; Van der Linden 2014). Sie sind lokal visuell erfahrbar und können Menschen dazu verhelfen, alltägliche Erfahrungen mit «unsichtbaren» klimatischen Phänomenen zu verknüpfen und die Interrelationen von sozioökologischen Systemen zu verstehen (Gobster et al. 2007; Nassauer 2012). So kann Landschaftswahrnehmung ein Katalysator von menschlicher Aktion sein (Gobster et al. 2007). Gobster et al. (2007) argumentieren, dass ästhetische und ökologische Ziele näher zueinander gerückt werden müssen und sehen in sogenannten «Wissens-Interventionen» auf der Landschaftsebene ein Potenzial, um Menschen zu gewissen Handlungen zu bewegen. Vor diesem Hintergrund haben Landschaften das Potenzial, Menschen die Realität des Klimawandels auf eine Art und Weise nahe zu bringen, die in Verbindung zu Gefühlen der Identität, Sicherheit und Verantwortung des Einzelnen steht (Sheppard 2015; Sheppard 2012). Diese verbesserte Klimakompetenz kann dazu führen, dass Menschen handeln (Sheppard 2015; Sheppard 2012). Besonders hilfreich sind in diesem Kontext visuelle Repräsentationen lokaler Landschaften (Sheppard 2015; Sheppard 2012). Dabei sollte stets beachtet werden, dass Menschen keine homogene visuelle Beziehung zum Klimawandel haben, und ein einzelnes Bild bei verschiedenen Menschen daher unterschiedliche Botschaften provozieren kann (Nicholson-Cole 2005).

3 Konzeptionelle und theoretische Grundlagen

3.1 Landschaftsverständnis

Die Begriffe «Landschaft» und «Kulturlandschaft» und ihre Bedeutungen sind vieldeutig sowie perspektivenabhängig (Gailing & Leibenath 2012). Es bestehen zudem dahingehend vielseitige Deutungsmöglichkeiten, was aus einer «Landschaft» eine «Kulturlandschaft» macht. Kultur kann gezieltes menschliches Handeln meinen und die Kulturlandschaft kann somit die land- oder forstwirtschaftlich genutzte Landschaft bezeichnen (Gailing & Leibenath 2012). Kulturlandschaft kann aber auch eine Orientierung an menschlichem Handeln und sozialer Konstruktion, einen Abschnitt des Raums mit Kultureinrichtungen oder gar einen besonders schützenswerten Raumabschnitt meinen (Gailing & Leibenath 2012). Gailing und Leibenath (2012) argumentieren, dass die Bedeutungsoffenheit der Begriffe «Landschaft» und «Kulturlandschaft» ihren Wert für Wissenschaft und Praxis erhöhen, indem sie vielfältige Identifikationsmöglichkeiten bieten und gleichzeitig zum Ausgangspunkt widersprüchlicher Interpretationen und somit zum Nachdenken anregen können. Zugleich ist es wichtig, das Landschaftsverständnis, das einer Forschungsarbeit zugrunde liegt, darzulegen und zu reflektieren (Gailing & Leibenath 2012).

Die vorliegende Masterarbeit stützt ihr Landschaftsverständnis auf jenes der Europäischen Landschaftskonvention, wonach Landschaft als *«eine von Menschen wahrgenommene Fläche, deren Charakter eine Manifestation der Aktion und Interaktion von natürlichen und / oder menschlichen Faktoren ist»* definiert ist (Council of Europe, 2000:2). Diese Definition geht davon aus, dass Landschaften sowohl aus physisch-materiell existierenden Objekten als auch aus immateriellen Bedeutungen und Wahrnehmungen bestehen (Grêt-Regamey et al. 2012). Landschaften entstehen nach Grêt-Regamey et al. (2012, S. 32) im Zusammenwirken von natürlichen Prozessen, kulturellen und wirtschaftlichen Faktoren und der Wahrnehmung. Somit sind Landschaften nicht in ihrer Totalität erfassbar und existieren erst durch ihre Konstruktion durch die individuelle Wahrnehmung (Grêt-Regamey et al. 2012). Obwohl eine Vielfalt an Landschaftskonstruktionen vorhanden sind, ist es möglich und sinnvoll, sich über Landschaftswahrnehmungen auszutauschen (Grêt-Regamey et al. 2012). Da Landschaften räumlich spezifische Ausprägungen aufweisen und in individuellen Wahrnehmungen konstruiert werden, wird in dieser Masterarbeit stets davon ausgegangen, dass Landschaften immer mehr sind als die Summe ihrer Elemente und als Ganzes begriffen werden müssen (Bürgi et al. 2004; Grêt-Regamey et al. 2012; Naveh & Lieberman 1994). Aufgrund dieser Vielfalt wird im Text häufig im Plural von Landschaften gesprochen. Auf eine Unterscheidung zwischen «Landschaft» und «Kulturlandschaft» wird verzichtet, weil kulturelle Aspekte im Verständnis des Begriffs «Landschaft» mitgemeint sind.

3.2 Konzeptualisierung der Landschaftswahrnehmung

Wie oben erläutert, existieren Landschaften im Zusammenwirken von natürlichen Prozessen, kulturellen und wirtschaftlichen Faktoren und durch ihre Wahrnehmung. Um die Bandbreite möglicher Landschaftswahrnehmungen transparent werden zu lassen, eignet sich das Modell «Die vier Pole der Landschaftswahrnehmung» von Backhaus, Reichler und StremLOW (Backhaus et al. 2007; Grêt-Regamey et al. 2012) (siehe Abbildung 2). In diesem Modell wird von vier Polen ein Feld aufgespannt, in welchem sich die Wahrnehmungen von Landschaften abspielen. Der physische Pol und der symbolische Pol stehen sich gegenüber und der subjektive Pol steht dem intersubjektiven Pol gegenüber. Je nach Standpunkt und (wissenschaftlicher) Ausrichtung liegt die Wahrnehmung und Aufmerksamkeit der jeweils betrachtenden Person näher bei diesem oder jenem Pol (Backhaus 2009; Grêt-Regamey et al. 2012). Nachfolgend werden die vier Pole basierend auf Backhaus (2009) und Grêt-Regamey et al. (2012) erläutert.

- **Der physische Pol** repräsentiert die biotische und abiotische Natur und die gebaute Mitwelt. Somit umfasst dieser Pol die physisch-materiellen Eigenschaften einer Landschaft.
- **Der symbolische Pol** steht für die Kultur und die symbolischen Bedeutungen von Landschaften und Objekten.
- **Der subjektive Pol** trägt den individuellen Wahrnehmungen von und Bedürfnissen an Landschaften Rechnung. Hier werden die persönlichen sinnlichen Wahrnehmungen und Deutungen wie auch Emotionen und Erlebnisse repräsentiert. Es ist wichtig festzuhalten, dass Individuen nicht nur als Wahrnehmende, sondern als Gestaltende verstanden werden und selbst Teil von Landschaften sind.
- **Der intersubjektive Pol** schliesst geteilte Wertvorstellungen ein, die durch Zugehörigkeit zu verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen und Kontexten entstehen.

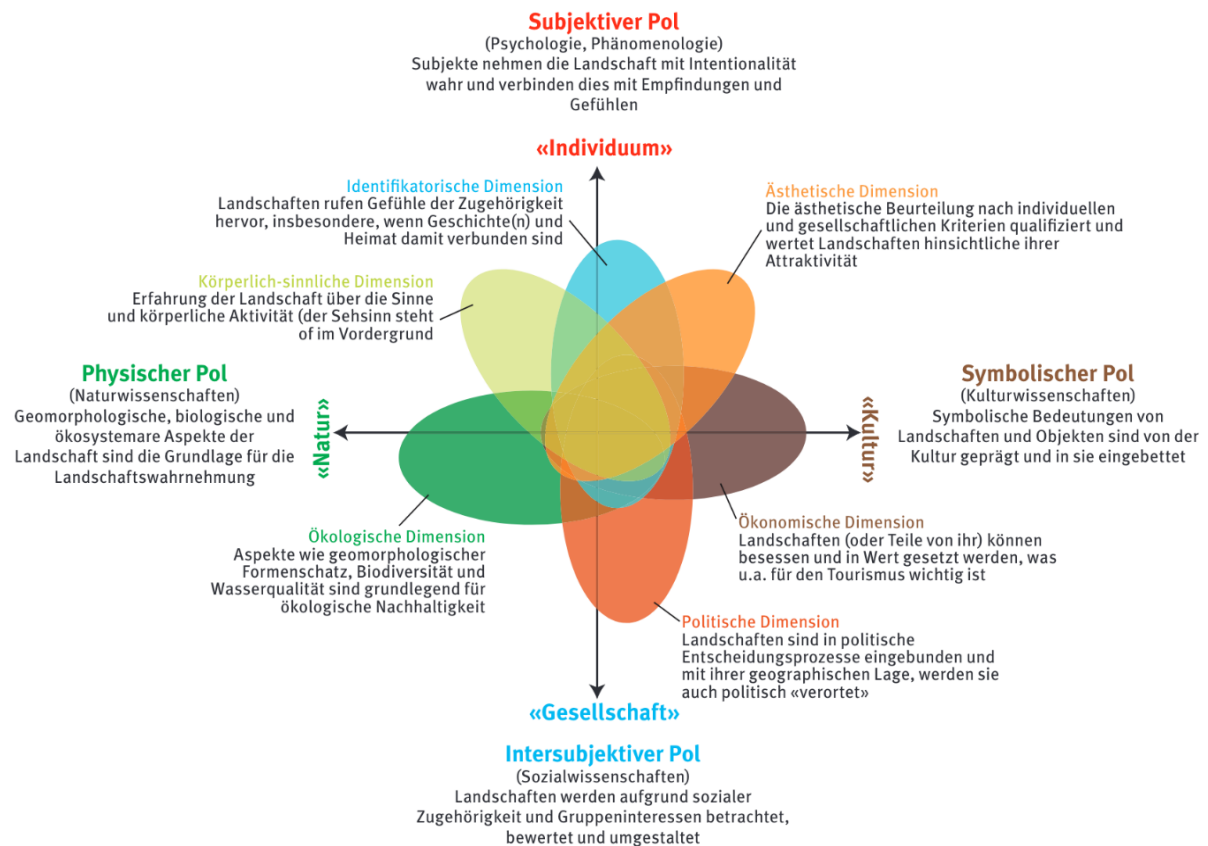


Abbildung 2: Modell «Die vier Pole der Landschaftswahrnehmung» von Backhaus et al. (2007); Darstellung aus Grêt-Regamey et al. (2012)

Diese vier Pole werden durch die folgenden sechs Dimensionen der Landschaftsbetrachtung ergänzt: die körperliche und sinnliche, die identifikatorische, die ästhetische, die ökonomische, die politische und die ökologische Dimension (Backhaus 2009). Diese Dimensionen überlappen sich und kommen bei der Landschaftsbetrachtung oft kombiniert zum Tragen (Backhaus 2009). Sie stellen die thematischen Linsen dar, durch welche Landschaften betrachtet werden und die eine differenzierte Betrachtung dieser erlauben (Grêt-Regamey et al. 2012). Nach Backhaus (2009) und (Grêt-Regamey et al. 2012) können die Dimensionen folgendermassen erläutert werden:

- **Die körperlich-sinnliche Dimension** meint die Landschaftserfahrung durch die Sinne und körperliche Aktivität.
- **Die identifikatorische Dimension** bezeichnet die Gefühle der Zugehörigkeit oder Identität, die durch Landschaften hervorgerufen werden.
- **Die ästhetische Dimension** umfasst die ästhetische Beurteilung einer Landschaft hinsichtlich ihrer Attraktivität.
- **Die ökonomische Dimension** zeigt auf, dass Landschaften besessen und in Wert gesetzt werden können.
- **Die politische Dimension** steht oft bei Steuerungsfragen, Regelungen und Aushandlungsprozessen stark im Vordergrund.
- **Die ökologische Dimension** richtet ihre Wahrnehmung auf das Ökosystem einer Landschaft und dessen Zustand.

Das Modell der Landschaftswahrnehmung lässt sich mit dem Konzept der Landschaftsleistungen verknüpfen (Grêt-Regamey et al. 2012; Keller et al. 2019): Je nach ihren persönlichen aktuellen Erwartungen und Bedürfnissen nehmen Menschen die Landschaft aus der Perspektive bestimmter Wahrnehmungsdimensionen und -pole wahr und entsprechend dieser Wahrnehmungsperspektiven suchen und empfinden Menschen gewisse Landschaftsfunktionen und -leistungen (Grêt-Regamey et al. 2012; Keller et al. 2019).

3.3 Direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird zwischen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften unterschieden: Als direkte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften werden Auswirkungen definiert, die Kulturlandschaften ohne menschliches Einwirken verändern können. Beispielsweise wirkt sich die vom Klimawandel verursachte sommerliche Trockenheit auf die Wachstumsbedingungen und Konkurrenzverhältnisse von Waldbäumen aus, was langfristig die Baumartenzusammensetzung im Wald deutlich verändern kann (Leuch et al. 2017). Auswirkungen des Klimawandels, die erst durch veränderte menschliche Verhaltensweisen oder Landnutzungen Veränderungen einer Landschaft bewirken, werden als indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften definiert. Beispielsweise wird eine deutliche Reduktion des Schneefalls auf allen Höhenstufen als Folge des Klimawandels erwartet (NCCS 2018a). Diese Reduktion der Schneesicherheit kann für Skigebiete in tieferen Lagen wirtschaftlich problematisch sein, was zur Schliessung dieser Skigebiete führen kann (Köllner et al. 2017; NCCS 2018a). Eine Schliessung der Skigebiete hat Auswirkungen auf Landschaften, weil beispielsweise Infrastruktur zurückgebaut wird.

3.4 Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft

Die Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft, die der vorliegenden Masterarbeit zugrunde gelegt wurde, stellt sich wie folgt dar (siehe Abbildung 3): Klimawandel wird basierend auf dem in Kapitel 2.2.3 erläuterten Verständnis von Landschaftswandel als einer von mehreren Driving Forces von Landschaftsveränderungen verstanden (Bürgi et al. 2004). Der Klimawandel kann folglich direkt Landschaftsveränderungen auslösen (direkte Wirkungspfade). Es werden auch indirekte Wirkungspfade berücksichtigt, bei denen menschliche Reaktionen auf den Klimawandel Landschaftsveränderungen auslösen. Akteure können gemäss vorliegender Konzeptualisierung folgende drei Funktionen einnehmen:

1. Keine Reaktion auf eine Auswirkung des Klimawandels zeigen (Direkter Wirkungspfad)
2. Mit ihrem Handeln die direkte Auswirkung des Klimawandels beeinflussen, beziehungsweise abschwächen (Indirekter Wirkungspfad Typ I)
3. Ihr Verhalten als Reaktion auf eine direkte Auswirkung des Klimawandels anpassen (Indirekter Wirkungspfad Typ II)

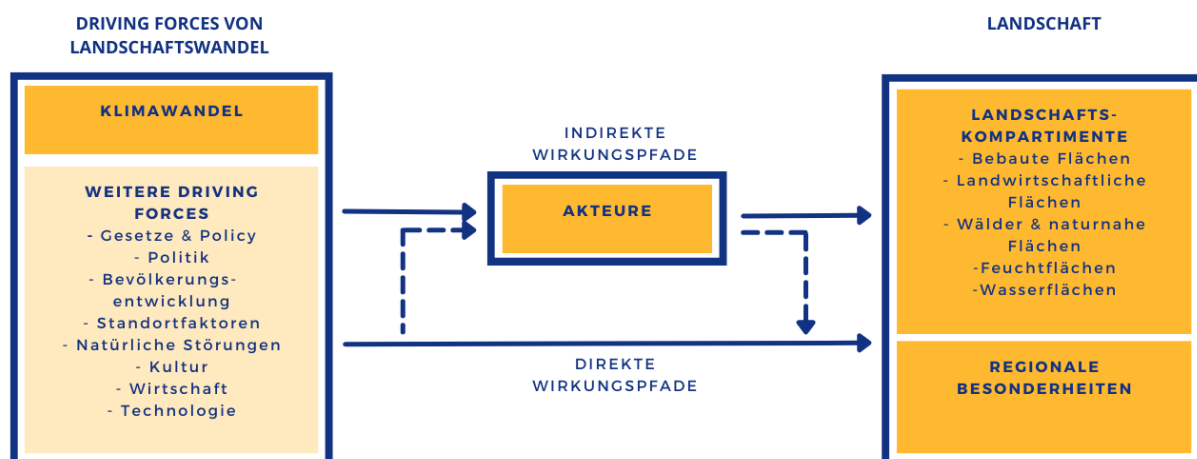


Abbildung 3: Schematische Darstellung der dem konzeptionellen Systemmodell zugrundeliegenden Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft

Gestützt auf das oben beschriebene Landschaftsverständnis und die Konzeptualisierung der Landschaftswahrnehmung wird Landschaft in dieser Masterarbeit als bestehend aus Landschaftskompartmenten (physischer Pol) sowie sogenannten regionalen Besonderheiten verstanden. In Kapitel 4.4.1 wird detaillierter auf die Herleitung der Liste der Landschaftskompimente eingegangen. Die regionalen Besonderheiten machen deutlich, dass eine Landschaft mehr als die Summe ihrer Flächen ist und schliessen die symbolischen, subjektiven und intersubjektiven Pole der Landschaftswahrnehmung ein. Mit dem Einbezug der regionalen Besonderheiten soll unterstrichen werden, dass Landschaften einzigartige Charakteristika aufweisen und sich der Klimawandel deshalb auf alle Landschaften unterschiedlich und spezifisch auswirken kann.

4 Methodisches Vorgehen

Forschungsfrage 1 dieser Masterarbeit bezieht sich auf die Entwicklung eines methodischen Vorgehens zur Evaluierung und Darstellung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene. Deshalb werden in diesem Kapitel die Beschreibung des angewendeten methodischen Vorgehens und die Resultate der Forschungsfrage 1 zusammen dargelegt. Die Struktur des Methodenkapitels dieser Masterarbeit weicht somit leicht von der üblichen Struktur einer wissenschaftlichen Arbeit ab, um einen Lesefluss ohne Wiederholungen zu ermöglichen.

4.1 Überblick methodisches Vorgehen

Nachfolgend wird ein methodisches Vorgehen vorgeschlagen, um Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene allgemeiner und spezifisch für eine Falllandschaft zu evaluieren und greifbar darzustellen. Im methodischen Vorgehen sind Ansätze integriert, mit welchen die Ergebnisse zugänglich und greifbar synthetisiert und dargestellt werden können. In den nachfolgenden Kapiteln wird detaillierter auf die einzelnen Arbeitsschritte und deren Anwendung im Rahmen dieser Masterarbeit eingegangen. Abbildung 4 gibt eine Übersicht über die im methodischen Vorgehen enthaltenen Arbeitsschritte und deren Abfolge.

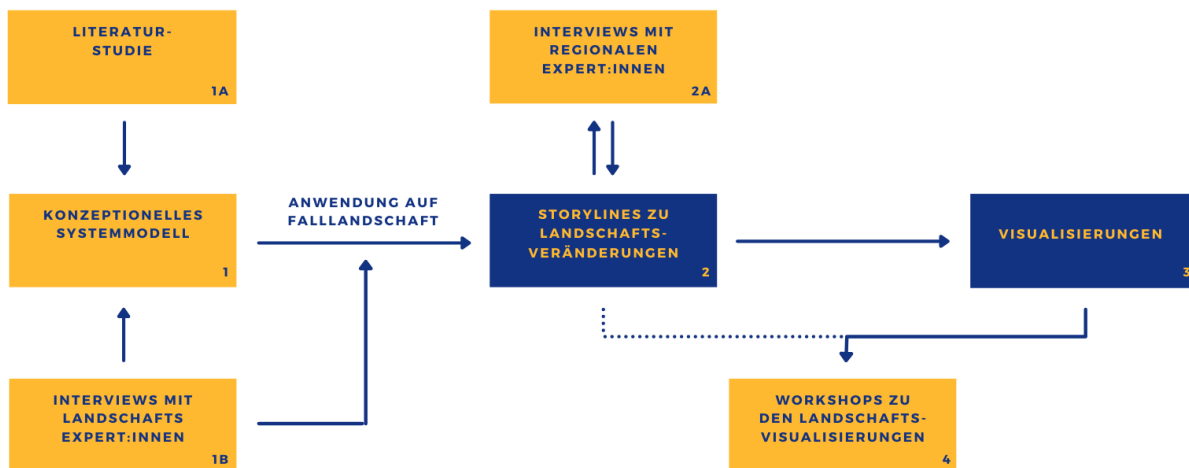


Abbildung 4: Übersicht über die im methodischen Vorgehen enthaltenen Arbeitsschritte und deren Abfolge

Erstes Arbeitspaket des methodischen Vorgehens war die Erarbeitung eines konzeptionellen Systemmodells zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaft unter Einbezug wissenschaftlicher Literatur und politischer Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel sowie dem Wissen von Landschaftsexpert:innen (siehe Abbildung 4, Punkte 1, 1A und 1B). Ziel war die konzeptionelle Einbettung von bekannten möglichen direkten und indirekten (sektoralen) Auswirkungen des Klimawandels in Wirkungspfaden, in denen die Verbindung zwischen Klimawandel und Veränderungen der Landschaften ersichtlich sind. Zudem sollten im konzeptionellen Systemmodell die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Wirkungspfaden aufgezeigt werden. In der Ausarbeitung des Systemmodells musste klar definiert werden, für welche Raumeinheit das Systemmodell gültig sein sollte und welche räumliche Auflösung die Wirkungspfade haben sollten. Auf Basis des erarbeiteten konzeptionellen Systemmodells wurden Interviews mit Landschaftsexpert:innen mit dem Ziel einer Synthese der primär sektoralen Wirkungspfade auf der Landschaftsebene geführt. Die Resultate aus den Expert:inneninterviews ermöglichten eine Überarbeitung des konzeptionellen Systemmodells. Nach dieser Überarbeitung wurden die im konzeptionellen Systemmodell dargestellten Wirkungspfade nach ihrer Landschaftsrelevanz kategorisiert.

Die nachfolgenden Arbeitspakete wurden spezifisch für die Falllandschaft durchgeführt (siehe Abbildung 4, Punkte 2 bis 4), entsprechend wurde das konzeptionelle Systemmodell in der Vorbereitung dahingehend spezifiziert, indem diejenigen Wirkungspfade identifiziert wurden, die in der

Falllandschaft relevant sind. Hierfür wurde die Falllandschaft analysiert, mit ihren prägenden regionalen Besonderheiten charakterisiert und anhand des «Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften» (Rodewald et al. 2014) beschrieben. Der Fokus auf lokale Falllandschaften wurde als sinnvoll erachtet, weil Landschaften zur persönlichen und gesellschaftlichen Identitätsbildung beitragen (Council of Europe 2000; Hermes et al. 2018; Manzo & Devine-Wright (Hrsg.) 2013; Rey et al. 2017; Ridding et al. 2018; Wartmann et al. 2021). Weiter sind Landschaften lokal visuell erfahrbar und können dazu verhelfen, alltägliche Erfahrungen mit unsichtbaren, beispielsweise klimatischen, Phänomenen zu verbinden (Gobster et al. 2007; Nassauer 2012; Sheppard 2015). Sie können so zum Verständnis für komplexe Prozesse innerhalb soziökologischer Systeme beitragen (Gobster et al. 2007; Nassauer 2012; Sheppard 2015). Das methodische Vorgehen zielte auf konkrete Darstellungen möglicher Zukunftsszenarien für die Falllandschaft unter Einfluss des Klimawandels ab. Klimawandel ist nur einer von vielen Treibern von Landschaftswandel (siehe Kapitel 2.2.3 und 3.4). Der Fokus dieses methodischen Vorgehens lag auf den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften. Andere Driving Forces von Landschaftswandel wurden bewusst nicht miteinbezogen, um dadurch die Auswirkungen des Klimawandels möglichst klar darstellen zu können. Dies wurde durchgehend explizit kommuniziert. Ebenfalls musste in der Anwendung dieses methodischen Vorgehens dargelegt werden, für welche Zeitperiode, für welchen RCP und für welche Adaptionstrategien die Darstellungen gelten sollten. Zudem musste festgelegt werden, ob Mitigationsaktivitäten und ihre Auswirkungen auf Landschaften mitberücksichtigt wurden.

Im zweiten Arbeitspaket wurden Storylines zu Landschaftsveränderungen entwickelt (siehe Abbildung 4, Punkte 2 und 2A). Geschichten und Geschichtenerzählen gelten als effektive Formen der Wissenschaftskommunikation, insbesondere mit Bezug auf den Klimawandel (siehe Kapitel 2.3.2). Daher wurden wissenschaftsbasierte Storylines mit Erzählcharakter als geeignetes Medium gesehen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften im Rahmen dieses methodischen Vorgehens darzustellen. Die Storylines dienen dazu, die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene greifbar und mit einem möglichst tiefen Abstraktionsgrad aufzuzeigen. Die Storylines sollten prioritär zu einem integralen Verständnis der landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels beitragen. Aus diesem Grund wurden die Storylines als Erzählung formuliert und geben als solche den Leser:innen die Möglichkeit, sich gedanklich auf einen Spaziergang durch eine zukünftige und vom Klimawandel beeinflusste Landschaft zu begeben. Grundlage für die Formulierung der Storylines bildeten (1) das erarbeitete konzeptionelle Systemmodell zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften sowie die Ergebnisse aus den Interviews mit Landschaftsexpert:innen, (2) die Charakterisierung der heutigen Falllandschaft mit ihren prägenden regionalen Besonderheiten sowie (3) Interviews mit regionalen Expert:innen. In den obengenannten Interviews mit den regionalen Expert:innen (siehe Abbildung 4, Punkt 2A) wurden diese mit einer ersten Fassung der Storylines konfrontiert und dazu befragt, inwiefern sie die in den Storylines beschriebenen Entwicklungen spezifisch für ihre Region als realistisch einschätzen würden. Die Erkenntnisse aus den Interviews wurden genutzt, um die Storylines zu überarbeiten und in ihre definitive Fassung zu bringen. Die Storylines wurden als das erste Hauptprodukt des hier beschriebenen methodischen Vorgehens gewertet.

Visuelle Repräsentationen lokaler Landschaften werden als geeignetes Medium gesehen, um das Engagement in Bezug auf Klimawandel zu fördern (siehe Kapitel 2.3.3). Daher wurden im dritten Arbeitspaket die Storylines in fotorealistische Visualisierungen möglicher zukünftiger Landschaften unter Einfluss des Klimawandels übersetzt (siehe Abbildung 4, Punkt 3). Weil für diesen Arbeitsschritt spezifische Visualisierungskenntnisse notwendig waren, wurde hierfür mit professionellen wissenschaftlichen Illustratoren zusammengearbeitet. Die Visualisierungen wurden als das zweite Hauptprodukt des hier beschriebenen methodischen Vorgehens gewertet.

Als Vertiefung der Ergebnisse aus der Anwendung des methodischen Vorgehens wurden im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit im vierten Arbeitspaket mit verschiedenen Akteursgruppen Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen durchgeführt (siehe Abbildung 4, Punkt 4). In diesen Workshops wurden die Akteure bezüglich ihrer Bewertung verschiedener Landschaften und Landschaftsvisualisierungen befragt.

4.2 Wahl des Klimaszenarios und der Zeitperiode für die Analysen

Ein Ziel der vorliegenden Masterarbeit war die Darstellung möglicher zukünftiger Landschaften in Storylines und Visualisierungen. Deshalb musste festgelegt werden, für welche Zeitperiode und für welchen RCP diese Zukunftsdarstellungen gelten sollten. Um die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften möglichst deutlich hervorheben zu können und trotzdem ein realistisch zu erwartendes Szenario darzustellen, wurden RCP8.5 und die Zeitperiode «Ende des 21. Jahrhunderts», sprich 2070-2099 (2085), gewählt.

4.3 Studiengebiet, Wahl der Falllandschaft und verwendete Bildserie

Das konzeptionelle Systemmodell wurde für Landschaften in der Schweiz entwickelt. Hingegen wurde in den Storylines und in den Visualisierungen ein besonderer Fokus auf regionale Besonderheiten gelegt und diese daher für eine konkrete Landschaft in einer Fallregion entwickelt. Diese Falllandschaft liegt in Ramosch in der Gemeinde Valsot im Unterengadin im Kanton Graubünden.

Die Wahl von Ramosch als Fallregion hatte zum einen pragmatische Gründe, weil Verantwortliche der Fundaziun Pro Terra Engiadina grosses Interesse an der Masterarbeit ausdrückten, auf verschiedene Möglichkeiten zur Weiterverwendung der Ergebnisse aus der Masterarbeit verwiesen und der Autorin bei ihren Feldtagen im Unterengadin beste Voraussetzungen für eine effektive Durchführung ihrer Datenerhebungen boten. Zum anderen bot sich die Gelegenheit, diese Masterarbeit in ein bereits laufendes Fotowiederholungsprojekt der Fundaziun Pro Terra Engiadina zum Thema Landschaften einzugliedern. In diesem Projekt werden historische Landschaftsfotografien in der heutigen Zeit wiederholt, um die Bilder zu vergleichen und so Veränderungen und Gleichbleibendes erkennen zu können. Eine dieser Aufnahmen wurde 1950 von der Strasse zwischen Ramosch und Vnà aufgenommen (siehe Abbildung 5) und am 1. Oktober 2021 wiederholt (siehe Abbildung 6). Das Bild von 2021 wurde als Basis für die Zukunftsvisualisierungen dieser Masterarbeit verwendet und die Falllandschaft wurde spezifisch als die im Bild ersichtliche Landschaft festgelegt. Abbildung 7 zeigt eine Übersichtskarte der Falllandschaft mit eingezeichnetem Aufnahmestandort und Blickrichtung der Fotografien. Mit den Visualisierungen entstand eine Serie von Fotografien und Visualisierungen für die Jahre 1950, 2021 und 2085 (mittleres Jahr der Zeitperiode «Ende des 21. Jahrhunderts: 2070-2099»). Diese Serie ermöglicht gute Einstiegspunkte für Diskussionen über Landschaft, Landschaftsqualität und Landschaftswandel. Dies trägt zum Ziel der Masterarbeit, den Diskurs über die Auswirkungen von Klimawandel auf Landschaften zu fördern, bei. Nicht zuletzt ist das Gebiet Piz Arina im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) enthalten (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Ein Grossteil der Falllandschaft, mit Ausnahme der Hänge östlich des Inns, gehört zum BLN Gebiet Piz Arina. Abbildung 8 zeigt die Fläche des BLN Gebiets 1909 Piz Arina. Die Begründung der nationalen Bedeutung stützt sich unter anderem auf die *«reich strukturierte, charakteristische sowie eng verzahnte Natur- und Kulturlandschaft des inneralpineren Trockengebiets»*, eine durch traditionelle Ackerterrassenkultur geprägte Kulturlandschaft sowie vielfältige und wertvolle Lebensräume (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017, S. 2). Diese wertvolle Landschaft bietet vielfältige Möglichkeiten, um die Auswirkungen des Klimawandels aufzuzeigen.



Abbildung 5: Aufnahme der Falllandschaft von 1950 (Fotograf:in unbekannt)



Abbildung 6: Aufnahme der Falllandschaft vom 1. Oktober 2021 (Fotografin: Tamara Estermann)

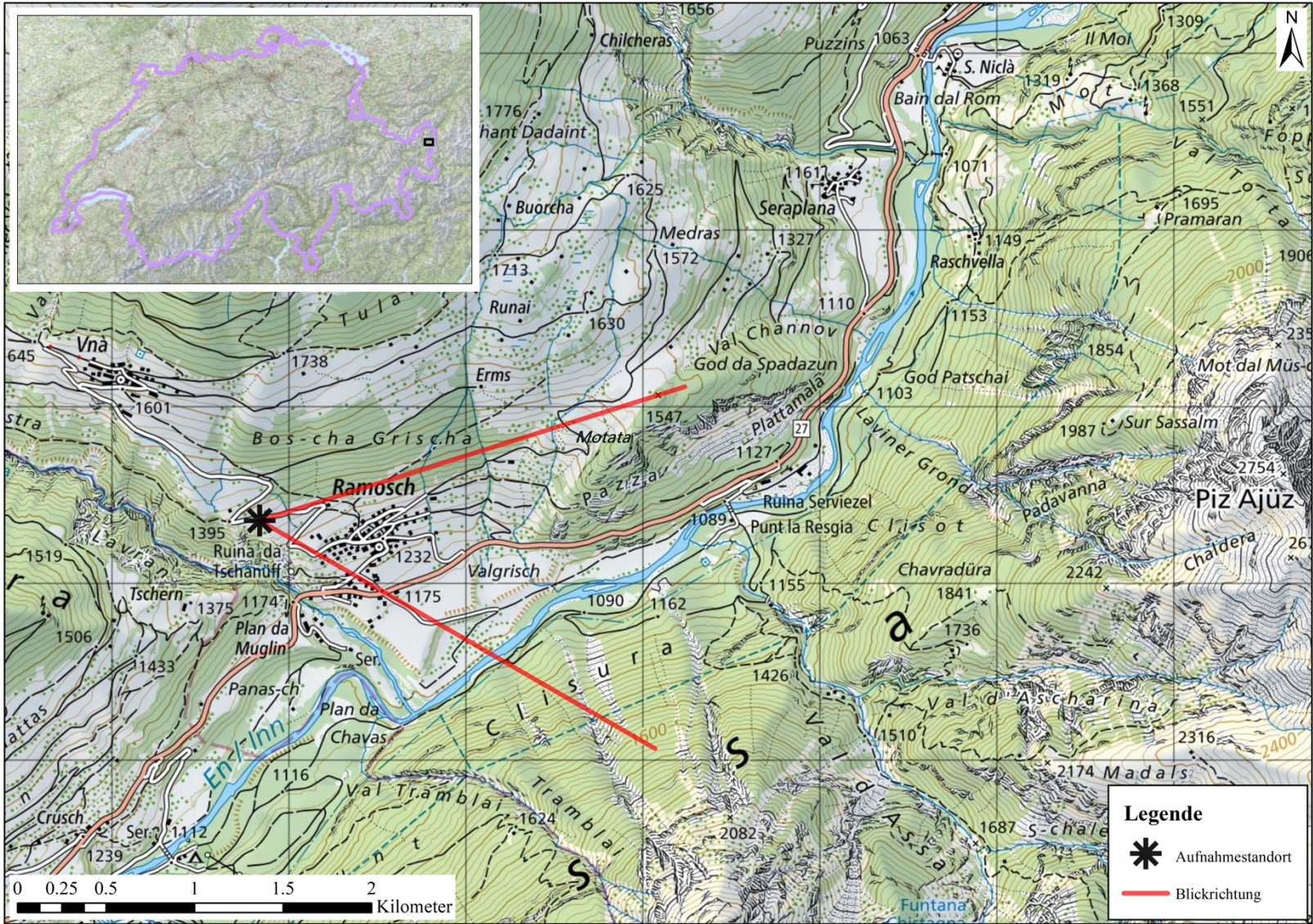


Abbildung 7: Übersichtskarte Falllandschaft mit Aufnahmestandort und Blickrichtung

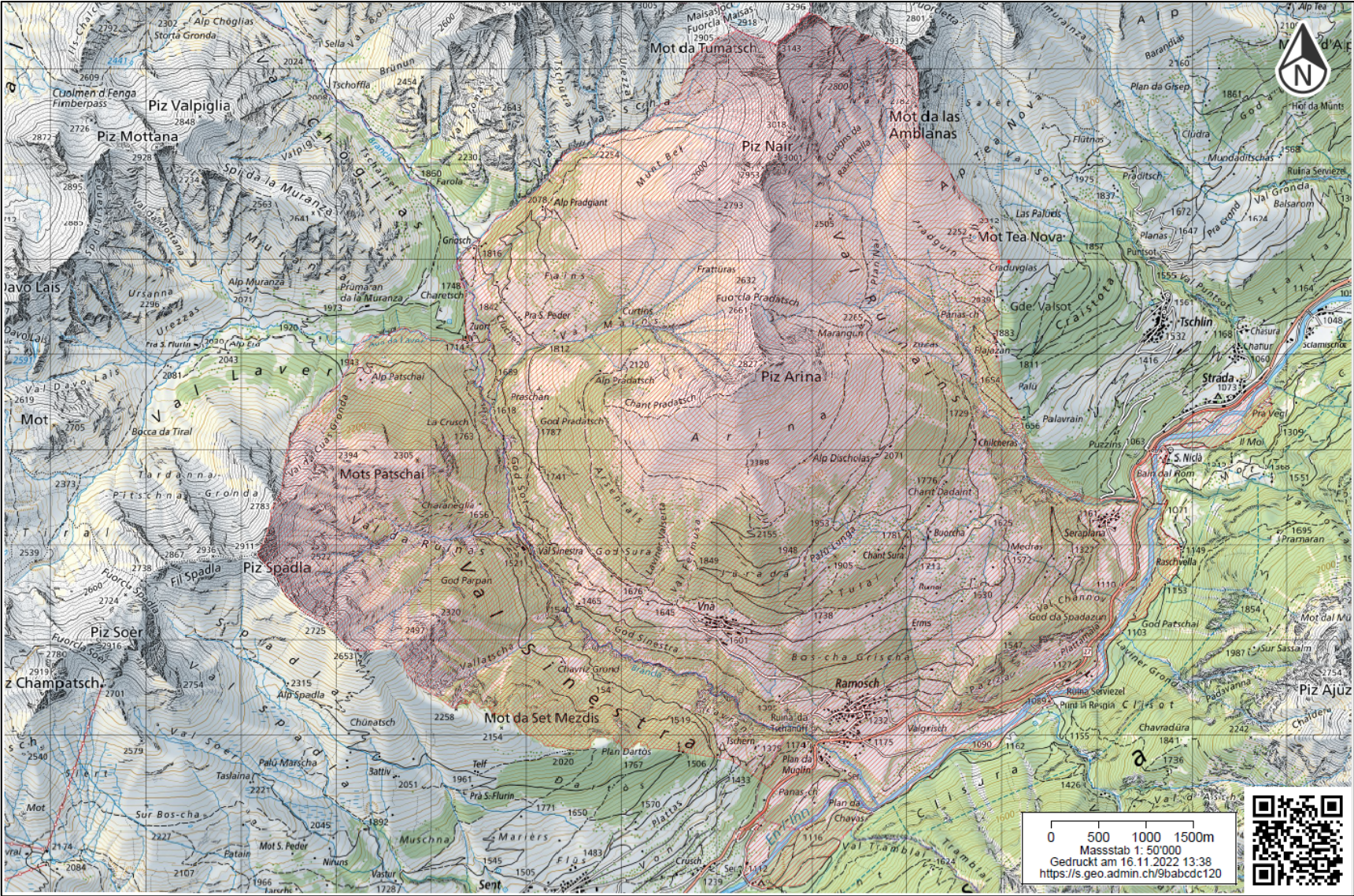


Abbildung 8: Fläche des BLN Gebiets 1909 Piz Arina (Swisstopo 2022)

4.4 Konzeptionelles Systemmodell

4.4.1 Grundstruktur

Die Erarbeitung des konzeptionellen Systemmodells hatte zum Ziel, die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels in Wirkungspfaden konzeptionell einzubetten und die Wechselwirkungen zwischen diesen Wirkungspfaden ersichtlich werden zu lassen (siehe Abbildung 4, Punkt 1).

Die in Kapitel 3.4 erläuterte Konzeptualisierung der Interaktionen zwischen Klimawandel, Akteuren und Landschaft wurde dem konzeptionellen Systemmodell zugrunde gelegt. Im konzeptionellen Systemmodell wurden daher drei Typen von Wirkungspfaden zwischen Klimawandel und Landschaft berücksichtigt:

1. **Direkte Wirkungspfade**, bei denen der Klimawandel ohne menschliche Einwirkungen einen Einfluss auf eine Landschaft oder ein Landschaftselement hat.
2. **Indirekte Wirkungspfade Typ I**, bei denen Menschen mit ihrem Handeln die direkte Auswirkung des Klimawandels beeinflussen, beziehungsweise abschwächen.
3. **Indirekte Wirkungspfade Typ II**, bei denen Menschen ihr Verhalten als Reaktion auf eine direkte Auswirkung des Klimawandels anpassen.

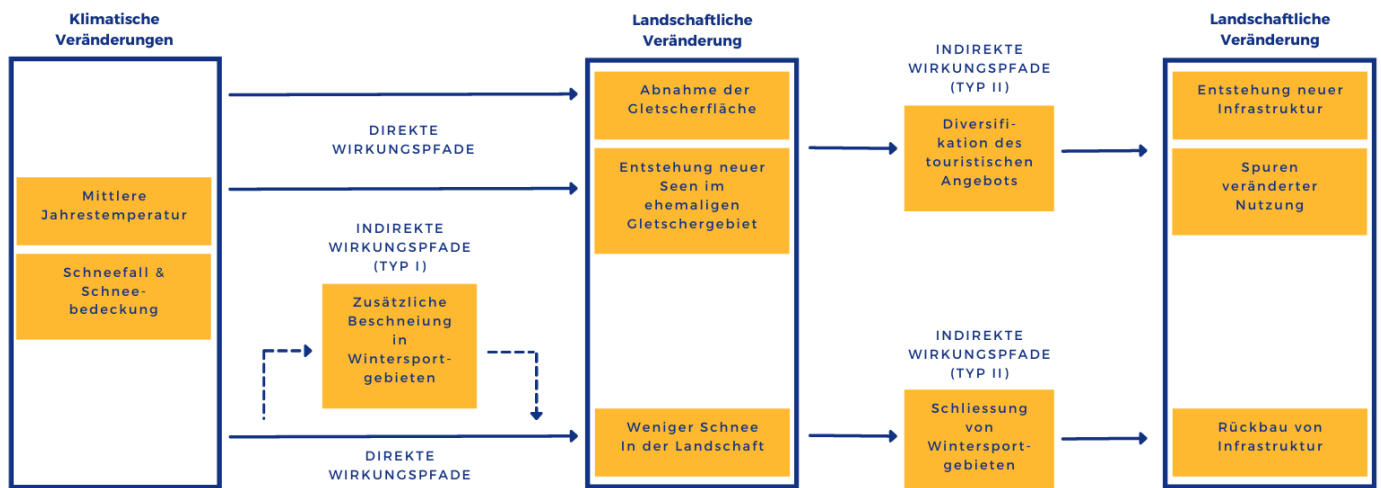


Abbildung 9: Erläuterung der verschiedenen Arten von Wirkungspfaden anhand von Beispielen

Um im konzeptionellen Systemmodell spezifizieren zu können, welche Kompartimente einer Landschaft von einer Veränderung betroffen sind, wurde auf die CORINE Land Cover Nomenklatur der Bodenbedeckungen, eine dreistufig hierarchische Nomenklatur, zurückgegriffen (Steinmeier 2013). Es wurden die ersten zwei Ebenen dieser Nomenklatur berücksichtigt und leichte Anpassungen vorgenommen. Namentlich wurden diejenigen Kategorien entfernt, die in der untersuchten Falllandschaft nicht vorkommen und die Kategorie der Ebene 2 «Offene Flächen ohne / mit geringer Vegetation» wurde in die folgenden zwei Kategorien unterteilt: «Offene Flächen ohne / mit geringer Vegetation (ohne Gletscher)» und «Gletscher und Dauerschneeflächen». Diese Unterscheidung wird in der CORINE Land Cover Nomenklatur der Bodenbedeckungen erst auf der Ebene 3 gemacht, doch für die vorliegende Analyse war diese Unterscheidung auf Ebene 2 aufgrund der Landschaftsrelevanz von Gletschern und Dauerschneeflächen sinnvoll. Tabelle 9 zeigt die im vorliegenden Systemmodell verwendete angepasste CORINE Land Cover Nomenklatur der Bodenbedeckungen.

Tabelle 9: Im konzeptionellen Systemmodell zur Beschreibung der Landschaftskompartimente verwendete angepasste CORINE Land Cover Nomenklatur der Bodenbedeckungen nach Steinmeier (2013)

CORINE Stufe 1	CORINE Stufe 2
Bebaute Flächen	Siedlungsraum
	Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen
	Abbauflächen, Deponien und Baustellen
	Künstlich, nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen
Landwirtschaftliche Flächen	Ackerflächen
	Dauerkulturen
	Grünland
	Landwirtschaftsflächen heterogener Struktur
Wälder und naturnahe Flächen	Wälder
	Strauch- und Krautvegetation
	Offene Flächen ohne / mit geringer Vegetation (ohne Gletscher)
	Gletscher und Dauerschneeflächen
Feuchtflächen	Feuchtflächen
Wasserflächen	Gewässerläufe
	Wasserflächen

Um die Grundstruktur des konzeptionellen Systemmodells zu erarbeiten, wurde die oben erläuterte Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft in Tabellenform übersetzt. Diese Form ermöglichte, dass Wirkungspfade aus Literatur und Sektoralpolitikdokumenten extrahiert und in eine einheitliche und vergleichbare Form gebracht werden konnten. Dabei wurde grundsätzlich zwischen direkten und indirekten Wirkungspfaden unterschieden, indem diese in zwei sich ergänzenden Tabellenblättern erfasst wurden. Der Aufbau der entsprechenden Tabellenblätter unterscheidet sich leicht, damit alle relevanten, aber keine überflüssigen, Informationen erfasst werden konnten. Pro Tabellenzeile wurde ein Wirkungspfad beschrieben und dieser erhielt in der Tabelle einen eindeutigen Code. So liessen sich zusammenhängende Wirkungspfade einfach miteinander verknüpfen. Grundsätzlich wurde jeder indirekte Wirkungspfad mit mindestens einem direkten Wirkungspfad verknüpft.

Tabelle 10 zeigt den Aufbau des konzeptionellen Systemmodells zur Erfassung von direkten und Tabelle 11 jenen von indirekten Wirkungspfaden. Für alle Spalten wird spezifiziert, welche Informationen darin festgehalten wurden. Tabelle 11 ist im vorliegenden Dokument aus Platzgründen dreigeteilt aufgeführt, im konzeptionellen Systemmodell hängen alle Teile zusammen. Die Spalten des ersten Teils der Tabelle wurden im konzeptionellen Systemmodell für alle indirekten Wirkungspfade erfasst, die Spalten des zweiten Teils für indirekte Wirkungspfade des Typs I und diejenigen des dritten Teils für solche des Typs II. Die meisten Spalten waren im konzeptionellen Systemmodell als freie Texte ausfüllbar, einige wurden jedoch als Spalten mit vorgegebenen Bausteinen definiert. Für diese Fälle wurde eine Liste der Inhalte erstellt, die in dieser Spalte eingefüllt werden konnten (Bausteine). Diese Listen wurden in einem ersten Schritt deduktiv aus der Literatur und den Forschungsfragen abgeleitet. Während der Erfassung der Wirkungspfade wurden induktiv weitere Bausteine identifiziert und die Listen entsprechend ergänzt. Dabei wurden jeweils die vorgängig erfassten Wirkungspfade kontrolliert, um die neuen Bausteine bei diesen gegebenenfalls ergänzen zu können. Der Zusatz «wo sinnvoll» deutet darauf hin, dass diese Spalten nur dort ausgefüllt wurden, wo dies zum verbesserten Verständnis des Wirkungspfades beitrug.

Methodisches Vorgehen

Tabelle 10: Aufbau des konzeptionellen Systemmodells zur Erfassung von direkten Wirkungspfaden

Code	Verlinkungen	Klimawandel-effekt	Erklärbox	Transitions-element	Erklärbox2	CORINE Stufe 1	CORINE Stufe 2	Regionale Besonderheit	Landschafts-effekt	Differenzierungen	Bereits messbar
Eindeutiger Code pro Wirkungspfad in der Form «A001», «A002» u.s.w.	Code allfälliger Wirkungspfade, die eine direkte Folge des vorliegenden Wirkungspfad sind.	Direkt von der steigenden mittleren Temperatur ableitbare klimatische Veränderungen [Baustein]	Wo nötig Erklärungen, um die Wechselwirkungen zwischen «Klimawandeleffekt» und «Transitions-element» zu erläutern oder um Details zur Stärke dieser Wechselwirkungen zu erfassen [wo sinnvoll]	Vom jeweiligen «Klimawandeleffekt» ableitbare Systemveränderung	Wo nötig Erklärungen, um die Verbindung zwischen «Transitions-element» und «Landschaftseffekt» zu erläutern oder um Details zur Stärke dieser Wechselwirkungen zu erfassen [wo sinnvoll]	Betroffenes Landschaftskompartment Ebene 1 nach angepasster CORINE Klassifikation [Baustein] <i>Mehrfachauswahl sowie Wahl von «Diverse» möglich, wenn mehr als 2 Kompartimente betroffen sind</i>	Betroffenes Landschaftskompartment Ebene 2 nach angepasster CORINE Klassifikation [Baustein] <i>Mehrfachauswahl möglich, wenn mehr als 2 Kompartimente betroffen sind</i>	Spezifizierungen, falls eine Landschaft besonders betroffen ist [wo sinnvoll]	Beschreibung der durch den «Klimawandeleffekt» und dem «Transitionselement» ausgelösten Veränderung der Landschaft	Zusätzliche Details zum Landschaftseffekt. Beispielsweise prognostizierte absolute Veränderungen, regionale Unterschiede oder zusätzliche Angaben zur Eintrittswahrscheinlichkeit [wo sinnvoll]	Angaben dazu, inwiefern der Landschaftseffekt bereits nachweisbar ist [wo sinnvoll]

Tabelle 11: Aufbau des konzeptionellen Systemmodells zur Erfassung von indirekten Wirkungspfaden

Code	Code Landschafts-effekt	CORINE Stufe 1	CORINE Stufe 2	Regionale Besonderheit	Sektor	Sektor 2	Private Akteure / Privatwirtschaftliche Akteure	Art der Anpassung
Eindeutiger Code pro Wirkungspfad in der Form «B001», «B002» u.s.w.	Code des / der direkten Wirkungspfad(en) auf den / die sich der Wirkungspfad bezieht	Betroffenes Landschaftskompartment Ebene 1 nach angepasster CORINE Klassifikation [Baustein] <i>Mehrfachauswahl sowie Wahl von «Diverse» möglich, wenn mehr als 2 Kompartimente betroffen sind</i>	Betroffenes Landschaftskompartment Ebene 2 nach angepasster CORINE Klassifikation [Baustein] <i>Mehrfachauswahl möglich, wenn mehr als 2 Kompartimente betroffen sind</i>	Spezifizierungen, falls eine Landschaft besonders betroffen ist [wo sinnvoll]	Sektor im Rahmen dessen Sektoralpolitik die Anpassungsaktivität prioritär stattfindet. [wo sinnvoll] [Baustein]	Sektor im Rahmen dessen Sektoralpolitik die Anpassungsaktivität sekundär stattfindet. [wo sinnvoll] [Baustein]	Private und Privatwirtschaftliche Akteure, die am indirekten Wirkungspfad beteiligt sind [wo sinnvoll] [Baustein]	Angabe zur höchsten politischen Verbindlichkeit der Anpassungsaktivität [Baustein]

Mitigation	Wirkung auf Landschaftseffekt	Landschaftseffekt	Differenzierung	Bereits messbar
Beschreibung der Aktivitäten, bei denen Akteure mit ihrem Handeln die direkte Auswirkung des Klimawandels beeinflussen können	Beschreibung der Wirkung Aktivitäten auf den direkten Landschaftseffekt	Beschreibung der durch den «Klimawandeleffekt» und dem «Transitionselement» ausgelösten Veränderung der Kulturlandschaft <i>Identisch mit Beschreibung in direktem Wirkungspfad</i>	Zusätzliche Details zum Landschaftseffekt. Beispielsweise prognostizierte absolute Veränderungen, regionale Unterschiede oder zusätzliche Angaben zur Eintrittswahrscheinlichkeit [wo sinnvoll]	Angaben dazu, inwiefern der Landschaftseffekt bereits nachweisbar ist [wo sinnvoll]

Landschaftseffekt	Erklärbox	Reaktion	Nachfolgender Landschaftseffekt	Differenzierung	Bereits messbar
Beschreibung der durch den «Klimawandeleffekt» und dem «Transitionselement» ausgelösten Veränderung der Landschaft <i>Identisch mit Beschreibung in direktem Wirkungspfad</i>	Wo nötig Erklärungen, um die Verbindung zwischen «Landschaftseffekt» und «Reaktion» zu erläutern oder um Details zur Stärke dieser Wechselwirkungen zu erfassen [freiwillig]	Beschrieb der Verhaltensveränderung von Akteuren, die als Reaktion auf die direkte Auswirkung des Klimawandels entsteht	Beschreibung der aus den zuvor beschriebenen Verhaltensänderungen resultierenden Landschaftsveränderungen	Zusätzliche Details zum Landschaftseffekt. Beispielsweise prognostizierte absolute Veränderungen, regionale Unterschiede oder zusätzliche Angaben zur Eintrittswahrscheinlichkeit [freiwillig]	Angaben dazu, inwiefern der Landschaftseffekt bereits nachweisbar ist [freiwillig]

Das konzeptionelle Systemmodell wurde in der vorliegenden Masterarbeit für Landschaften in der Schweiz ausgearbeitet. Hinsichtlich der räumlichen Auflösung wurden Wirkungspfade in das konzeptionelle Systemmodell aufgenommen, die direkt sichtbare landschaftliche Auswirkungen haben oder solche direkt auslösen können.

4.4.2 Literaturstudie

Das konzeptionelle Systemmodell wurde in einem ersten Schritt basierend auf einer Literaturanalyse entwickelt (siehe Abbildung 4, Punkt 1A).

Als erste inhaltliche Grundlage diente wissenschaftliche Literatur zu den erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften. Hierfür wurde hierfür grossmehrheitlich auf Literatur zu sektoralen Auswirkungen des Klimawandels zurückgegriffen, zumal die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften insgesamt bisher kaum untersucht wurden (siehe Kapitel 2.2.4). Wo möglich, wurde Literatur bevorzugt, die den aktuellen Stand der Forschung in einem Sektor oder bezüglich eines Landschaftskompartmentes synthetisieren, um die Anzahl zu berücksichtigender Publikationen überschaubar zu halten. Bei der Literaturrecherche wurde nach Landschaftskompartmenten vorgegangen und darauf geachtet, dass für jedes Landschaftskompartment der ersten Stufe Literatur berücksichtigt wurde. Die Liste der berücksichtigten wissenschaftlichen Literatur zu den Auswirkungen des Klimawandels ist in Kapitel 10.2 einsehbar. Die Literaturstudie wurde fortgesetzt, bis eine theoretische Sättigung erreicht war und pro betroffenes Landschaftskompartment keine neuen, relevanten Wirkungspfade mehr identifiziert werden konnten. Weil im konzeptionellen Systemmodell auch indirekte Wirkungspfade berücksichtigt wurden, wurden Angaben aus der Literatur zu möglichen menschlichen Reaktionen im Systemmodell miterfasst.

Als zweite inhaltliche Grundlage dienten Dokumente, die in Zusammenhang mit der nationalen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel veröffentlicht wurden. Dies kann damit begründet werden, dass diese die zukünftigen Anpassungsaktivitäten an die veränderten klimatischen Bedingungen leiten werden und diese wiederum landschaftlich signifikante indirekte Auswirkungen des Klimawandels auslösen können. Nebst den vom Bundesrat verabschiedeten Dokumenten «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder» (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012) sowie «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020-2025» (Schweizerische Eidgenossenschaft 2020) wurden Strategiedokumente der einzelnen Sektoren Wasserwirtschaft, Umgang mit Naturgefahren, Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Energie, Tourismus, Biodiversitätsmanagement, Gesundheit und Raumentwicklung berücksichtigt, weil diese Sektoren die Hauptverantwortungen für die Umsetzung der Anpassungsziele tragen (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Die Liste der berücksichtigten Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz in Kapitel 10.3 einsehbar.

4.4.3 Interviews mit Landschaftsexpert:innen zur Validierung und Ergänzung des konzeptionellen Systemmodells

Nach der literaturbasierten Erarbeitung der ersten Fassung des konzeptionellen Systemmodells konnte festgestellt werden, dass darin primär Wirkungsketten zu den direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf einzelne Landschaftskompimente enthalten waren. Obwohl die Summe dieser Wirkungsketten deutlich aufzeigte, dass sich Landschaften unter Einfluss des Klimawandels verändern werden, konnte dies noch nicht als umfassende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften gewertet werden, denn Landschaften sind mehr als die Summe ihrer Flächen und einzelner Landschaftselemente (Backhaus 2009; Naveh & Lieberman 1994). Deshalb wurden Interviews mit Expert:innen mit einem gesamtheitlichen Landschaftsverständnis durchgeführt (siehe Abbildung 4, Punkt 1B), mit dem übergeordneten Ziel, (1) die Wirkungspfade in den Landschaftskontext einzuordnen und deren Bedeutung für Landschaft als multidimensionales Konzept zu erarbeiten und so einem integralen Verständnis der Auswirkung des Klimawandels auf Landschaften näher zu kommen. Dieses integrale Verständnis war eine wichtige Grundlage für die nachfolgende Entwicklung der Storylines zu Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels für die Falllandschaft. Darüber hinaus dienten die Expert:inneninterviews dazu, (2) einzelne Wirkungsketten aus dem konzeptionellen Systemmodell mit Fachpersonen inhaltlich zu vertiefen und das konzeptionelle Systemmodell so zu

verfeinern. Ein weiteres Ziel der Expert:inneninterviews war (3) zu überprüfen, dass die wichtigsten Wirkungsketten der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften im konzeptionellen Systemmodell enthalten sind und fehlende Auswirkungen zu identifizieren, damit diese im konzeptionellen Systemmodell ergänzt werden konnten.

Insgesamt wurden sieben semi-strukturierte Leitfadeninterviews durchgeführt, aufgezeichnet, transkribiert, codiert und analysiert. Die Auswahl der Befragten fand ausgehend vom konzeptionellen Systemmodell und den darin identifizierten Wissenslücken unter Einbezug des professionellen Netzwerks von Prof. Dr. Matthias Bürgi und Dr. Karina Liechti statt, die seit Jahrzehnten im Bereich Landschaftsdynamik und Landschaftsökologie forschen. Mit diesem Vorgehen wurde eine Liste mit zehn potenziellen Interviewpartner:innen zusammengestellt. Die Kontaktaufnahme mit diesen Personen erfolgte über E-Mail, wobei sich von den zehn angefragten Personen sieben Personen für ein Interview bereit erklärten. Dies entsprach der Anzahl gewünschter Interviews und so entstand die Stichprobe von je einem:r Expert:in zu den Landschaftskompartimenten Wald, Landwirtschaft und Gewässer mit zusätzlichem Fokus auf Klimawandel oder Landschaft, drei Expert:innen zu Landschaftsdynamik und / oder Landschaftsökologie und einer Expert:in mit Expertise zu ästhetischer Landschaftsqualität. Eine Auflistung aller befragten Expert:innen mit ihren Fachgebieten ist in Tabelle 12 ersichtlich. Werden die Interviews in dieser Masterarbeit zitiert, werden die Zitate anonymisiert mit Buchstabencodes bezeichnet, die nur für die Autorin nachvollziehbar sind.

Tabelle 12: Übersicht über die befragten Landschaftsexpert:innen und ihre Fachgebiete

Interviewte Person	Fachgebiete
Dr. Peter Brang (WSL)	Wald, Bestandesmanagement und Waldbau, Wald im Klimawandel
Prof. Dr. Beate Jessel (WSL)	Landschaftsentwicklung, Landnutzungsmanagement, Naturschutz
Dr. Sonja Kay (Agroscope)	Landwirtschaft, Landwirtschaft und Biodiversität im Klimawandel
Prof. Dr. Felix Kienast (WSL)	Landschaftsökologie
Dr. Petra Schmocker-Fackel (BAFU)	Gewässer, Gewässer im Klimawandel
Dr. Beatrice Schüpbach (Agroscope)	Ästhetische Landschaftsqualität, Agrarlandschaften
Dr. Raimund Rodewald (Stiftung Landschaftsschutz Schweiz)	Landschaftsschutz, Botanik

Im Vorfeld der Interviews wurde allen Expert:innen ein Begleitdokument zum Interview zugestellt. In diesem waren zusammenfassende Informationen zum Forschungsprojekt, Hintergrundwissen zur Konzeptualisierung von Klimawandel, Akteuren und Landschaft, die dem konzeptionellen Systemmodell zugrunde gelegt wurde, Informationen zum Ablauf des Interviews und Beispielfragen zu finden. Dieses Begleitdokument kann in Anhang 1 eingesehen werden.

Die Expert:inneninterviews wurden als Leitfadeninterviews durchgeführt. Der Leitfaden wurde nach Helfferich (2014) erstellt. Der Leitfaden gab die Gliederung des Interviews, die Fragen und Themen vor, liess aber zugleich die Flexibilität zu, die Fragen angepasst an den Gesprächsverlauf zu stellen. Im ersten Teil des Interviews fand ein offener Austausch zu Klimawandel und Landschaft statt. Im zweiten Teil des Interviews wurden Fragen zu je nach Expertise ausgewählten Wirkungspfaden gestellt, bevor über besonders gewichtige Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, Adaptionsaktivitäten, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Identifikation mit Landschaften und die Orientierung in Landschaften sowie weitere Treiber von Landschaftsveränderungen gesprochen wurde. In allen Interviews wurden die Fragen auf die befragte Person spezifiziert. Der Leitfragebogen befindet sich in Anhang 2. Die Interviews dauerten in der Regel 45 bis 60 Minuten und der Ton wurde aufgezeichnet. Pandemiebedingt fanden alle Interviews online über Zoom statt.

Die Transkriptionsmethode orientierte sich an der Methode der inhaltlichen Transkription nach Breuer et al. (2018) und Dresing & Pehl (2015). Demnach wurden Textpassagen, die vom Thema abschweiften und keinerlei Interpretation für die Forschungsfragen zuließen, nur als Zusammenfassungen notiert (Breuer et al. 2018; Dresing & Pehl 2015). Grundsätzlich wurden die Interviews im Wortlaut transkribiert, da in den Auswertungen jedoch keine hermeneutischen Deutungen vorgenommen wurde und auch die Art und Weise wie eine Aussage formuliert nicht analysiert wurde, lag der Fokus auf der inhaltlich korrekten Wiedergabe des Gesagten. Entsprechend wurden Füllwörter weggelassen und Laute und sprachliche Ungereimtheiten wie Räuspern, Wortwiederholungen oder erneute Satzanfänge nicht transkribiert. Diejenigen Interviews, die im Dialekt durchgeführt wurden, wurden während der Transkription auf Hochdeutsch übersetzt.

Zur weiteren Auswertung wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) angewendet. Diese Methode ermöglicht eine Strukturierung der Interviews, eine Reduktion von irrelevantem Inhalt, eine Sortierung nach verschiedenen Themen und die Formulierung von Theorien zur Beantwortung der Forschungsfragen. In einem ersten Schritt wurden die Kategorien zur Analyse der Interviews von der Literatur und von den Forschungsfragen abgeleitet. Die generelle Analyseeinheit wurde als ein Satz, die kleinste Analyseeinheit als ein Wort und die grösste Analyseeinheit als ein Abschnitt definiert. In einem zweiten Schritt wurden die Interviews in einem iterativen Prozess codiert und fortlaufend neue induktive Kategorien gebildet, um den Inhalt der Interviews adäquat abzubilden. Induktive Kategorien werden vom Text abgeleitet, nicht von der Literatur, und können deshalb neue Aspekte einschliessen, die noch nicht im aktuellen Forschungsstand vorhanden sind (Meier 2014). Später wurde die Codierung derjenigen Interviews, die bereits codiert wurden, unter Anwendung der neuen Kategorien revidiert. Dieser zirkuläre Prozess wurde aufgrund der kleinen Stichprobe bei allen Interviews angewendet. Das vollständige Kategoriensystem befindet sich im Anhang 3. In-Text Memos wurden verwendet, um allfällige Gedanken oder erste Interpretationen während dem Codierprozess festzuhalten und Dokument-Memos wurden verwendet, um die prägnantesten Aspekte des Interviews stichwortartig zusammenzufassen.

4.4.4 Aufbereitung der Wirkungspfade für ihre Weiterverwendung

Für ihre Weiterverwendung wurden die im konzeptionellen Systemmodell enthaltenen direkten Wirkungspfade nach ihrer Landschaftsrelevanz klassifiziert. Hierfür wurden die Klassen «Hohe Relevanz», «Mittlere Relevanz» und «Tiefe Relevanz» gebildet. Da die indirekten Wirkungspfade des Typs I eine Beeinflussung eines direkten Wirkungspfads darstellen, wurden diese nicht separat klassifiziert, sondern basierend auf der Klassifizierung des jeweiligen direkten Wirkungspfads. Zur Klassifizierung der Wirkungspfade wurden folgende Fragen gestellt:

1. Ist die im Wirkungspfad beschriebene Landschaftsveränderung als deutliche Veränderung des Landschaftsbilds wahrnehmbar?
2. Tritt die im Wirkungspfad beschriebene Landschaftsveränderung in der Landschaft grossflächig auf?
3. Ist die im Wirkungspfad beschriebene Landschaftsveränderung auf lokaler Ebene prägend für das Landschaftsbild?
4. Löst die im Wirkungspfad beschriebene Landschaftsveränderung deutliche landschaftliche Folgeeffekte (u.A. indirekte Wirkungspfade) aus?

Konnten drei oder mehr Fragen in Bezug auf einen Wirkungspfad mit «Ja» beantwortet werden, wurde dieser der Klasse «Hohe Relevanz» zugeordnet, konnten zwei Fragen mit «Ja» beantwortet werden, wurde er der Klasse «Mittlere Relevanz» zugeordnet und konnte eine oder keine Frage mit «Ja» beantwortet werden, wurde er der Klasse «Tiefe Relevanz» zugeordnet. Weil Frage 4 bei indirekten Wirkungspfaden meist nicht passend ist, wurde bei der Klassifizierung der indirekten Wirkungspfade jeweils mit einem «Ja» weniger die Bedingungen für eine Klasse als erfüllt angesehen.

Parallel zu diesem Verfahren floss auch die Beurteilung der Landschaftsrelevanz der Wirkungspfade durch die Landschaftsexpert:innen in die Klassifizierung mit ein.

4.5 Charakterisierung der Falllandschaft

Die Charakterisierung der Falllandschaft fand erstens mittels einer Beschreibung der Falllandschaft statt. In dieser Beschreibung wurde auf die Lage, Topografie, geomorphologische Grossformen, tektonische Struktur, Lebensräume, dominante Landnutzungsformen und wichtige landschaftsprägende Prozesse eingegangen.

Zweitens wurde die Falllandschaft anhand des «Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz» der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz charakterisiert. Dieser gilt als Instrument zur Identifizierung regionaler Kulturlandschaften mit ihren Qualitäten, Schutzwürdigkeiten und Entwicklungszielen (Rodewald et al. 2014). Er enthält 39 charakteristische Kulturlandschaften der Schweiz, die anhand ihres prägenden Aspektes in sechs Texturen – Waldtextur, Agrartextur, Gewässertextur, Siedlungstextur, Infrastrukturtextur und Patrimoinetextur – gegliedert werden (Rodewald et al. 2014). Der Katalog verhilft dazu, verschiedene Kulturlandschaften mit ihren soziokulturellen Landschaftsqualitäten zu identifizieren (Rodewald et al. 2014). Dies sind wichtige Grundlagen, um die Erhaltung und Gestaltung von Landschaften zielgerichtet steuern zu können (Rodewald et al. 2014). Eine Analyse der Landschaftsqualitäten ist, mit Hinblick auf das Ziel dieser Masterarbeit, für die Auswirkungen des Klimawandels zu sensibilisieren, sinnvoll, denn so können Veränderungen der Landschaftsqualitäten abgeschätzt werden. Der Katalog bietet Wegleitungen zur Charakterisierung, die im Rahmen dieser Masterarbeit befolgt wurden (Rodewald et al. 2014).

4.6 Storylines

In wissenschaftsbasierten Texten mit Erzählcharakter – den Storylines zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Landschaft in Ramosch – wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf der lokalen Landschaftsebene synthetisiert (siehe Abbildung 4, Punkt 2). Dieses Medium eignet sich, weil Geschichten abstrakte Konzepte greifbarer werden lassen, zur Informationsaufnahme und -speicherung beitragen und zum Handeln motivieren (Bloomfield & Manktelow 2021; Dahlstrom 2014; Harris 2020; McComas & Shanahan 1999; Morris et al. 2019). Ziel war es, mit den Storylines zu einem integralen Verständnis der landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels beizutragen.

Die Storylines wurden in leicht verständlicher und bildhafter Sprache sowie im personalen Erzählverhalten aus Sicht einer Wandergruppe geschrieben. So konnte das Geschehen aus der Sicht eines erlebenden Ichs vermittelt und den Leser:innen leicht zugängliche Identifizierungsmöglichkeiten geboten werden. Die Landschaften wurden in den Storylines möglichst objektiv und mit Fokus auf visuelle Elemente beschrieben. Wo für das Verständnis nötig, sind Hintergrundinformationen zu den Wirkungsweisen des Klimawandels in den Storylines eingebettet. Deren Anteil wurde jedoch auf ein Minimum begrenzt, um den Abstraktionsgrad der Storylines möglichst tief zu halten. Diese Textpassagen treten im neutralen Erzählverhalten auf.

Die Handlung der Storylines beschreibt einen Spaziergang durch das durchschnittlich rund 4 °C wärmere Ramosch gegen Ende des 21. Jahrhunderts (siehe Kapitel 4.2 für mehr Informationen zum Klimaszenario). Der Spaziergang beginnt im Dorf Ramosch, führt zum Inn und diesem entlang. Danach werden die landwirtschaftlich genutzten Flächen in der vergleichsweise flachen Talsohle überquert und der Weg durch die Terrassenlandschaft bergauf fortgesetzt. Von der Motata, oberhalb der Terrassen, wird der Weg in Richtung Wald fortgesetzt und durchquert diesen. Der Spaziergang endet bei einem Aussichtspunkt auf der Strasse nach Vnà. Von diesem Ausgangspunkt aus wurden die Bilder aufgenommen (siehe Kapitel 4.3). Diese Spazerroute ermöglicht es, auf alle prägenden Landschaftselemente, die in der Charakterisierung der Landschaft als solche identifiziert wurden (siehe Kapitel 6.1.1), Bezug zu nehmen und sowohl den Landschaftskompartimenten wie auch den regionalen Besonderheiten der Falllandschaft in Ramosch Rechnung zu tragen. Der Haupthandlung wurde ein kurzer, einleitender Text zur Orientierung der Leser:innen vorangestellt, worin der Zeitpunkt der Handlung und die vorherrschenden klimatischen Bedingungen erläutert werden. Darin erfahren die Leser:innen zudem, dass bis Ende des 21. Jahrhunderts nicht nur der Klimawandel auf die Landschaft wirken wird, diese anderen Prozesse jedoch im Text weitestgehend nicht thematisiert wurden.

Als inhaltliche Grundlage für die Formulierung der Storylines und die darin beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels dienten in erster Linie das erarbeitete konzeptionelle Systemmodell sowie die Ergebnisse aus den Interviews mit den Landschaftsexpert:innen. Es konnten nicht alle Wirkungspfade aus dem konzeptionellen Systemmodell in die Storylines miteinbezogen werden. Einige fielen weg, weil sie Landschaftskompartimente betreffen, die in der Falllandschaft nicht vorkommen. Ansonsten wurden prioritär jene Wirkungspfade berücksichtigt, die als besonders landschaftsrelevant klassifiziert wurden.

Für die in den Storylines beschriebenen Landschaften sind auch andere Zukunftsszenarien realistisch und die reale Landschaft wird in 80 Jahren mit allergrösster Wahrscheinlichkeit anders aussehen, als in den Storylines beschrieben. Einerseits, weil die Storylines auf den Klimawandel als Driving Force von landschaftlichen Veränderungen fokussieren und andere Driving Forces, die zeitgleich landschaftsverändernd wirken, nicht berücksichtigen. Andererseits, weil zwar wissenschaftlicher Konsens bezüglich vieler durch den Klimawandel ausgelösten Prozesse besteht, sich dieses Verständnis aber nicht zur deterministischen Vorhersage der Zukunft eignet. Trotz der Vielzahl der möglichen Zukunftsszenarien, kann die wissenschaftlich fundierte Beschreibung einer möglichen landschaftlichen Zukunft in einer Storyline zu einem integralen Verständnis der komplexen und vielschichtigen Wirkungsweisen des Klimawandels auf Landschaften beitragen und Auslöser sein für eine vertiefte persönliche oder auch gesellschaftliche Auseinandersetzung mit dieser Thematik.

Sowohl die direkten wie auch die indirekten Auswirkungen des Klimawandels sind Gegenstand der Storylines. So soll für die Leser:innen deutlich werden, dass die menschliche Reaktion auf den Klimawandel ebenfalls landschaftsprägend ist. Hierfür liegen die Storylines in zwei Varianten vor, in denen verschiedene Zukunftsszenarien für die Landschaften umrissen sind. Diese Varianten wurden namentlich dort eingesetzt, wo die menschliche Reaktion einen besonders grossen Einfluss auf die Landschaft oder ein Landschaftselement haben kann. Ziel der Varianten war, die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels aufzuzeigen. Die folgenden beiden Fragen gaben bei der Ausarbeitung der Varianten Orientierung:

1. Wie wird sich die Landschaft verändern, wenn Politik und Gesellschaft ihr Verhalten gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels nicht vorausschauend verändern, sondern passiv auf die Auswirkungen reagieren?
2. Wie wird sich die Landschaft verändern, wenn Politik und Gesellschaft ihr Verhalten gegenüber dem Klimawandel möglichst vorausschauend verändern und den Auswirkungen mit aktiven Anpassungsstrategien und entsprechenden Anpassungsaktivitäten begegnen?

Aus diesen beiden Fragen abgeleitet, wurden die folgenden zwei Varianten abgeleitet:

Tabelle 13: Übersicht über die Varianten in den Storylines

Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität	Effektive proaktive Adaptionsaktivität
<ul style="list-style-type: none"> • Reaktive Massnahmen; z.T. «laissez faire» • Kurzfristige Planung von Massnahmen • End-of-pipe Lösungen • Ziele der Sektoralpolitiken nicht erreicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Proaktive, vorausschauende Massnahmen • Langfristige Planung von Massnahmen • Implementierung von nature-based solutions • Ziele der Sektoralpolitiken erreicht

Basierend auf diesen Varianten wurden zwei Storylines mit gleicher Struktur und identischem Handlungsablauf, aber unterschiedlichen beschriebenen Prozessen formuliert. Innerhalb der Storyline «Effektive proaktive Adaptionsaktivität» wurden die landwirtschaftlich genutzten Flächen der Landschaft in zwei weiteren Erzählsträngen beschrieben, weil diese Flächen für die Landschaft in Ramosch eine bedeutende Rolle spielen und inhaltlich verschiedene Anpassungsstrategien an den Klimawandel denkbar sind, insbesondere, weil aus heutiger Sicht schwer abzuschätzen ist, wie viel Wasser für die Bewässerung zur Verfügung stehen wird.

4.7 Interviews mit regionalen Expert:innen

Ziel der Interviews mit regionalen Expert:innen zu den Storylines war eine weitere Präzisierung der Storylines mit Hinblick auf die regionalen Besonderheiten und Charakteristika (siehe Abbildung 4, Punkt 2A). Zu diesem Zweck wurden Personen befragt, welche das Unterengadin und Ramosch in Bezug auf landschaftsrelevante Prozesse gut kennen. In den Interviews wurde ein besonderer Fokus auf die indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften gelegt, weil diese stark von den Landnutzungsweisen der regionalen Akteure mitgeprägt werden.

Insgesamt wurden fünf Personen in semi-strukturierten Leitfadeninterviews befragt. Die Auswahl der Befragten fand ausgehend von den Storylines und den darin behandelten Hauptthemen statt. Die Autorin dieser Masterarbeit identifizierte Akteursgruppen, mit denen sie gerne ein Interview durchführen wollte und wurde bei der Anfrage von konkreten Personen durch die Geschäftsleiterin der UNESCO Biosfera Engiadina Val Müstair, Angelika Abderhalden, unterstützt. So entstand eine potenzielle Stichprobe von fünf Personen, die per Telefon oder E-Mail für ein Gespräch angefragt wurden. Alle erklärten sich für ein Gespräch bereit. So entstand die Stichprobe von drei Landwirt:innen, einem Forstwart und einem Historiker mit Wurzeln und Forschungsschwerpunkt in Ramosch. Die Stichprobengrösse wurde aus zeitlichen Gründen relativ knapp bemessen. Weitere Gespräche wären denkbar und wünschenswert gewesen, aber mit der Stichprobe konnte durchaus ein relativ breites Spektrum an landschaftsrelevanten Themen abgedeckt werden. Weil es sich um Expert:inneninterviews handelte, kann die Stichprobe als genügend gross bezeichnet werden. Eine Auflistung aller befragten regionalen Expert:innen mit ihrem Landschaftsbezug zu Ramosch oder dem Unterengadin befindet sich in Tabelle 14. Werden die Interviews in dieser Masterarbeit zitiert, werden die Zitate anonymisiert mit Buchstabencodes bezeichnet, die nur für die Autorin nachvollziehbar sind.

Tabelle 14: Auflistung aller befragten regionalen Expert:innen und ihr Landschaftsbezug zu Ramosch / dem Unterengadin

Befragte Person	Landschaftsbezug Ramosch / Unterengadin
Fadri Blanke	Landwirt in Ftan
Barbla Conrad-Rohner	Landwirtin in Scuol
Grazian Conrad	Landwirt in Scuol
Mario Denoth	Verantwortlicher Forst Gemeinde Valsot (GR)
Jon Mathieu	Historiker mit Wurzeln und Forschungsschwerpunkt in Ramosch

Im Vorfeld der Interviews wurde allen regionalen Expert:innen ein Vorbereitungsdokument zum Interview zugestellt. In diesem waren zusammenfassende Informationen zur Masterarbeit, Informationen zum Ablauf des Interviews, Ausschnitte aus den Storylines und die Interviewfragen zu finden. Dieses Vorbereitungsdokument kann in Anhang 4 eingesehen werden.

Die Expert:inneninterviews wurden als Leitfadeninterviews nach Helfferich (2014) durchgeführt. Alle Fragen wurden den interviewten Personen bereits im Vorbereitungsdokument zur Verfügung gestellt, weshalb kein separater Leitfaden im Anhang aufgeführt ist. Thematisch waren die Fragen und das Interview nach den Schwerpunktthemen der Storylines «Siedlungsraum und Tourismus», «Gewässer», «Landwirtschaft» und «Wald» gegliedert. Es wurden nicht alle Themen mit allen Personen besprochen, da dies den zeitlichen Rahmen der Gespräche gesprengt hätte. Daher wurde das Gespräch mit demjenigen Thema begonnen, wo die befragte Person nach ihren eigenen Angaben die grösste Expertise aufweist. Danach wurden je nach Gesprächsverlauf und Interessen noch weitere Themen besprochen. Es wurde darauf geachtet, dass jedes Thema mit mindestens einer Person besprochen werden konnte. Pro Thema wurde gefragt, inwiefern die in den Storylines beschriebenen Herausforderungen bereits heute relevant sind, inwiefern sich diese mit dem Klimawandel verändern könnten und ob weitere, durch den Klimawandel ausgelöste, Herausforderungen in den Storylines fehlten. Weiter wurde gefragt, was pro Thema für die unterschiedlichen Adaptionsszenarien (Varianten) spricht und was dazu beitragen

könnte, dass eine Variante eintrifft. Weiter wurde über verschiedene Anpassungsmassnahmen und deren Umsetzungswahrscheinlichkeit in der Region gesprochen und gefragt, ob es etwas gibt, das Ramosch oder das Unterengadin in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten Herausforderungen besonders auszeichnet. Die Interviews dauerten in der Regel 45 bis 60 Minuten und der Ton wurde aufgenommen. Ein Gespräch fand via Zoom statt, alle anderen Personen wurden an einem Ort ihrer Wahl befragt.

Die Transkription fand nach der gleichen Methode statt wie in Kapitel 4.4.3 für die Interviews mit den Landschaftsexpert:innen beschrieben.

Da es zwischen den Interviews nur begrenzt thematische Überschneidungen gab, wurden die Transkripte der Interviews nicht codiert, sondern stichwortartig und nach Themen sortiert in einer Tabelle zusammengefasst. Dabei wurde notiert welche Aussage aus welchem Interview stammte und Aussagen, die von mehreren Personen gemacht wurden, wurden als solche gekennzeichnet.

Für die Überarbeitung der Storylines basierend auf den Interviews wurden die Storylines zur besseren Übersicht in Tabellenform stichwortartig und nach Landschaftskompartmenten sortiert zusammengefasst. Beim Vergleich der tabellarischen Übersichten der Interviews und der Storylines konnte festgestellt werden, welche landschaftsrelevanten Auswirkungen des Klimawandels, Anpassungsmassnahmen und regionalen Besonderheiten, die von den regionalen Expert:innen angesprochen wurden, in den Storylines noch nicht berücksichtigt wurden. Diese wurden ergänzt. Ebenfalls wurden Landnutzungspraktiken oder Anpassungsmassnahmen, die in den Storylines angesprochen wurden und von den regionalen Expert:innen als unrealistisch eingeschätzt wurden, aus den Storylines gestrichen. Alle vorgenommenen Überarbeitungen wurden dokumentiert und die Begründungen für die Änderungen schriftlich festgehalten.

4.8 Visualisierungen

Fotorealistische Visualisierungen der Falllandschaft wurden als weiteres Medium gewählt, um die Auswirkungen des Klimawandels darzustellen (siehe Abbildung 4, Punkt 3). Menschen können Informationen in visueller Form effektiver als über andere Kommunikationskanäle verarbeiten, Visualisierungen verbessern die Gedächtnisleistung und Bilder können starke emotionale Reaktionen hervorrufen (Nicholson-Cole 2005; Thomas & Cook 2005; Vervoort & Kok 2010). Spezifisch werden Landschaftsvisualisierungen als nützlich für die Sensibilisierung für den Klimawandel und dessen Auswirkungen gesehen (Sheppard 2015; Sheppard 2012).

Die Visualisierungen wurden nicht von der Autorin selbst, sondern von den wissenschaftlichen Illustratoren der Ikonaut GmbH (Ikonauten) erstellt. Im Projekt «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel» wurde ebenfalls mit den Ikonauten zusammengearbeitet, weshalb sich die Masterarbeit dieser Zusammenarbeit anschliessen konnte. Die Autorin stellte die inhaltlichen Grundlagen für die Visualisierungen basierend auf den Storylines auf und diskutierte die technischen Visualisierungsmöglichkeiten mit den Ikonauten.

Es wurde entschieden, die Visualisierungen im fotorealistischen Visualisierungsstil umzusetzen, weil sich die Zukunftsvisualisierungen so bestmöglich in die Fotoserie 1950 und 2021 (siehe Kapitel 4.3) einreihen liessen. Weiter wurde beschlossen, die Fotografie von 2021 als visuelle Grundlage zu verwenden und nur mit Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels zu verändern. Alle anderen Aspekte wurden so belassen, wie sie im Bild von 2021 vorliegen. Beispielsweise wurden alle Gebäude stehengelassen, obwohl beim Gebäudestand innerhalb von circa 60 Jahren Veränderungen zu erwarten wären. Diese Vorgehensweise führt zwar zu einigen Einbussen beim Grad der Realität der Visualisierungen, entspricht aber den Forschungszielen einer Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels. Weiter wurde die Fotografie von 1950, die eine schwarzweiss Aufnahme ist, eingefärbt, damit Vergleiche zwischen allen Zeitschritten einfacher möglich sind.

Es wurde beschlossen für das Szenario RCP 8.5 Ende des 21. Jahrhunderts (2085) drei Visualisierungen zu erstellen, wobei eine auf der Storyline «Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität» und die anderen

beiden auf der Storyline «Effektive proaktive Adaptionsaktivität» basierten. Letztere unterschieden sich nur bezüglich der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Um von den Storylines abzuleiten, welche Aspekte in den Visualisierungen dargestellt werden sollten, wurden im Bild von 2021 die Bildteile «Wald oberhalb Ramosch», «Wald Gegenhang», «Inn», «Geröllhalden», «Vall d'Assa», «Dorf», «Alpine Fläche», «Wiesen Tal», «Wiese Vordergrund» und «Terrassen» definiert. Die Autorin identifizierte in den Storylines diejenigen Auswirkungen des Klimawandels, die sich bei gegebenen Bildaufbau sichtbar visualisieren liessen und verortete diese auf den Bildern. Diese Bildplanung wurde mit den Ikonauten besprochen, um sicherzustellen, dass auf beiden Seiten gleiche Bildvorstellungen herrschten. Wo nötig stellte die Autorin Beispielfiguren für die zu visualisierenden Bildelemente zur Verfügung.

Es gab mehrere Feedbackrunden zwischen den Ikonauten, den Betreuenden der Masterarbeit und der Autorin mit nachfolgenden Überarbeitungen der Visualisierungen.

4.9 Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen

Im Rahmen von Workshops wurden Akteursgruppen verschiedener Altersstufen gebeten, die heutige Landschaft sowie die Landschaftsvisualisierungen der Falllandschaft einzuordnen und zu bewerten (siehe Abbildung 4, Punkt 4). Dieser Arbeitsschritt gehörte nicht im engeren Sinne zum methodischen Vorgehen zur Evaluierung und Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften dazu. Es handelte sich vielmehr um eine Anwendung der Ergebnisse mit dem Ziel, die Bewertungen der Landschaftsvisualisierungen von verschiedenen Akteursgruppen zu analysieren, um eine erste Abschätzung machen zu können, ob sich Landschaftsvisualisierungen eignen, um verschiedenen Bevölkerungsgruppen den Zugang zum Thema Auswirkungen des Klimawandels zu ermöglichen. Die Workshops dienten der Beantwortung von Forschungsfrage 4.

Die folgenden Fragen leiteten die Workshops:

- Wie beschreiben Akteure die heutige und die visualisierten Landschaften?
- Welche landschaftlichen Unterschiede nehmen Akteure beim Vergleich der Visualisierungen mit der heutigen Landschaft wahr und wie werden die erkannten Unterschiede eingeordnet?
- Wie wird die Attraktivität der heutigen und der visualisierten Landschaften bewertet? Welche Landschaftselemente werden als besonders attraktiv oder unattraktiv bewertet?

Die Akteursgruppen wurden nach Altersgruppen und danach, ob die Akteure in Ramosch einheimisch oder zu Besuch waren, gebildet. Es wurden folgende drei Akteursgruppen befragt:

- Primarschüler:innen (1. bis 6. Klasse) der Schule Valsot am Standort Ramosch (31 Kinder, begleitet von 4 Lehrpersonen)
- Geographiestudierende der Universität Zürich (15 Studierende)
- Bewohner:innen des Alters- und Pflegeheims Chüra des Gesundheitszentrum Unterengadin, die vor ihrem Wechsel ins Alters- und Pflegeheim in Ramosch lebten (4 Personen, davon 1 Ehefrau eines Bewohners, die zu Hause lebt)

Die Primarschüler:innen und die älteren Ramoscher:innen sind in Ramosch einheimisch und die Studierenden waren in Ramosch zu Besuch. Die unterschiedlichen Stichprobengrößen in den drei Akteursgruppen hatte praktische Gründe, denn es wurden alle Primarschüler:innen der Schule Valsot am Standort Ramosch, alle Teilnehmenden einer Exkursion der Universität Zürich sowie alle Bewohner:innen aus dem Alters- und Pflegeheims Chüra, die in Ramosch gelebt hatten und gesundheitlich in der Lage waren, befragt zu werden, befragt.

Die Befragung der Primarschüler:innen und der Studierenden fand in Gruppen in den Terrassen oberhalb von Ramosch am Aufnahmestandort der Fotografie der Falllandschaft (siehe Abbildung 7) statt. Die Befragung der älteren Ramoscher:innen fand aufgrund Mobilitätsschwierigkeiten, visuellen Einschränkungen und Einschränkungen des Hörvermögens der befragten Personen in Einzelgesprächen im Alters- und Pflegeheim Chüra statt.

In der Vorbereitung wurde ein allgemeiner Leitfaden für die Workshops ausgearbeitet, der alle Themen und Aufgabenstellungen beinhaltet, die im Idealfall in einem Workshop bearbeitet werden sollten. Dieser Leitfaden ging von einer Workshopdauer von total 60 bis 75 Minuten aus. Basierend auf diesem allgemeinen Leitfaden wurden inhaltliche Anpassungen für die jeweiligen Akteursgruppen festgelegt. Darüber hinaus hat sich die Workshopleitung sprachlich, in der Art der Organisation der Gruppen während dem Workshop sowie im allgemeinen Umgang an die Bedürfnisse der einzelnen Akteursgruppen angepasst. Tabelle 15 zeigt die Gliederung der Workshops mit den einzelnen Arbeitsschritten. Für jeden Arbeitsschritt sind die Inputs, welche die Teilnehmenden von der Workshopleitung erhielten, die Aufgabenstellungen für die Teilnehmenden und die inhaltlichen Anpassungen pro Akteursgruppe aufgeführt.

Tabelle 15: Methodische und inhaltliche Übersicht zu den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen

Arbeitsschritt	Input Workshopleitung	Aufgabenstellungen Workshopteilnehmende	Inhaltliche Anpassungen pro Akteursgruppe
Begrüssung	<ul style="list-style-type: none"> - Begrüssung - Vorstellung Workshopleitung - Einverständnis - Audioaufnahme einholen 		
Landschaft heute	<ul style="list-style-type: none"> - Blick in die Landschaft heute / A3 Druck - Landschaftsaufnahme 2021 	<p>Plenum: Zum Einstieg möchte ich euch bitten, dass ihr euch kurz Zeit nehmt, um die Landschaft um euch herum genau anzuschauen und euch zu überlegen, was die Landschaft auszeichnet, was charakteristisch für die Landschaft ist und wie ihr die Landschaft einer Person beschreiben würdet, die noch nie in Ramosch war.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wortmeldungen <p>Gefällt euch die Landschaft? Wie attraktiv findet ihr die Landschaft? Was gefällt euch? Was gefällt euch nicht?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wortmeldungen - Bewertung auf einer Skala von 1 «gefällt mir gar nicht» bis 10 «gefällt mir sehr gut» mit Stickern (jede Person einzeln) 	<p>Ältere Personen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewertung auf Skala mündlich anstatt mit Stickern
Inhaltliche Einführung Masterarbeit und Visualisierungen	<ul style="list-style-type: none"> - Zielsetzung und Ablauf Masterarbeit erklären - Klimawandel erklären (falls nötig) - Bildserie erklären, inkl. Varianten 		<p>Primarschülerinnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterschied Wetter und Klima erklären - Klimaänderung durch menschliches Verhalten erklären - Wenig auf Masterarbeit oder Varianten eingehen, sondern primär erklären, dass wir mit Bildern von zukünftigen Landschaften arbeiten werden.

Arbeitsschritt	Input Workshopleitung	Aufgabenstellungen Workshopteilnehmende	Inhaltliche Anpassungen pro Akteursgruppe
Einstimmung Visualisierungen	<ul style="list-style-type: none"> - Einleitung Storylines ohne absolute Zahlen (Es ist heiss, hat seit 2 Wochen nicht geregnet...) in Erzählstimme 	<p>Plenum: Lasst euch einstimmen auf das Jahr 2085.</p>	
Visualisierung 2085 reaktive Anpassung	<ul style="list-style-type: none"> - A3 Druck Visualisierung 2085 reaktive Anpassung - Zooms einzelner Bildausschnitte (wo nötig) 	<p>Kleingruppen (idealerweise ca. 6 Personen): Was sind eure ersten Eindrücke, wenn ihr dieses Bild anschaut? Was geht euch durch den Kopf? <ul style="list-style-type: none"> - Gruppendiskussion <p>Ihr könnt jetzt die Visualisierung anschauen und gemeinsam besprechen, welche Veränderungen ihr im Vergleich zu heute erkennt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gruppendiskussion - Ggf. Hinweise der Workshopleitung zu weiteren Veränderungen <p>Gefällt euch die Landschaft? Wie attraktiv findet ihr die Landschaft? Was gefällt euch? Was gefällt euch nicht? <ul style="list-style-type: none"> - Wortmeldungen - Bewertung auf einer Skala von 1 «gefällt mir gar nicht» bis 10 «gefällt mir sehr gut» mit Stickern (jede Person einzeln) </p> </p>	<p>Ältere Personen: Bewertung auf Skala mündlich anstatt mit Stickern</p> <p>Studierende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mögliche Gründe für erkannte Veränderungen erfragen <p>Primarschüler:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> - In den Kleingruppen, die für den ganzen Workshop gebildet wurden
<p>Visualisierung 2085 proaktive Anpassung mit Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung</p> <p>ODER</p> <p>Visualisierung 2085 proaktive Anpassung mit Diversifizierung der Landwirtschaft</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A3 Druck Visualisierung 2085 proaktive Anpassung mit Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung <p>ODER</p> <ul style="list-style-type: none"> - A3 Druck Visualisierung 2085 proaktive Anpassung mit Diversifizierung der Landwirtschaft - Zooms einzelner Bildausschnitte (wo nötig) 	<p>Kleingruppen (idealerweise ca. 6 Personen): Was sind eure ersten Eindrücke, wenn ihr dieses Bild anschaut? Was geht euch durch den Kopf? <ul style="list-style-type: none"> - Gruppendiskussion <p>Ihr könnt jetzt die Visualisierung anschauen und gemeinsam besprechen, welche Veränderungen ihr im Vergleich zu heute erkennt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gruppendiskussion - Ggf. Hinweise der Workshopleitung zu weiteren Veränderungen <p>Gefällt euch die Landschaft? Wie attraktiv findet ihr die Landschaft? Was gefällt euch? Was gefällt euch nicht? <ul style="list-style-type: none"> - Wortmeldungen - Bewertung auf einer Skala von 1 «gefällt mir gar nicht» bis 10 «gefällt mir sehr gut» mit Stickern (jede Person einzeln) </p> </p>	<p>Studierende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mögliche Gründe für erkannte Veränderungen erfragen - Gruppendiskussion: Was müsste passieren, damit in 70-80 Jahren die Landschaft wirklich so aussieht? Was darf auf keinen Fall passieren? <p>Primarschüler:innen</p> <ul style="list-style-type: none"> - In den Kleingruppen, die für den ganzen Workshop gebildet wurden

Arbeitsschritt	Input Workshopleitung	Aufgabenstellungen Workshopteilnehmende	Inhaltliche Anpassungen pro Akteursgruppe
Liebingslandschaft	<ul style="list-style-type: none"> - A3 Druck der 3 Visualisierungen 2085 - A3 Druck Landschaftsaufnahme 1950 (eingefärbt) - Blick in die Landschaft heute / A3 Druck Landschaftsaufnahme 2021 	<p>Einzelarbeit: Überlegt euch kurz für euch, in welcher der fünf Landschaften, also die drei Visualisierungen und die vergangene und die heutige Landschaft, ihr am liebsten leben würdet. Was trägt dazu bei, dass ihr gerne in eurer Lieblingslandschaft leben würdet?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notiert eure Lieblingslandschaft und die Gründe für eure Wahl auf einen Zettel 	<p>Primarschüler:innen und ältere Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Weglassen
Abschluss		<p>Plenum: Danke für eure Mitarbeit! Habt ihr Fragen, Ergänzungen oder Rückmeldungen?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wortmeldungen 	

Vor der Durchführung des ersten Workshops fand ein Pretest mit einem Freiwilligen statt, der in einem Nachbardorf von Ramosch ein neues Unternehmen aufbaut. Im Rahmen dieses Pretests wurden der Aufbau des Workshops auf Logikfehler und die Aufgabenstellungen auf ihre Verständlichkeit überprüft. Weiter konnte so eine erste Einschätzung der benötigten Zeit pro Arbeitsschritt gewonnen werden. Ursprünglich war geplant im Arbeitsschritt «Einstimmung» eine sehr gekürzte Fassung der Storylines vorzulesen. Im Pretest wurde deutlich, dass dies hinderlich für die darauffolgenden Aufgaben war, weil vieles schon vorne weggenommen wurde. Deshalb wurde in den Workshops darauf verzichtet und auf die Visualisierungen fokussiert.

Die Workshopleitung wurde grundsätzlich von der Autorin dieser Masterarbeit übernommen. Im Workshop mit den Studierenden wurden diese für die Gruppenarbeiten in drei Gruppen aufgeteilt in denen parallel an den Aufgaben gearbeitet wurde. Deshalb übernahmen Angelika Abderhalden von der UNESCO Biosfera Engiadina Val Müstair und der Fundaziun Pro Terra Engiadina und Lina Torregroza von der Eidg. Forschungsanstalt WSL je die Leitung einer Gruppe. Im Workshop mit den Primarschüler:innen wurden die Schüler:innen für den gesamten Workshop nach Klassenstufen in drei Gruppen aufgeteilt. Jeweils eine Gruppe nahm am Workshop zu den Visualisierungen teil, während die anderen Gruppen mit Birgitte und Thomas Kohl von der Fundaziun Pro Terra Engiadina zu anderen Umweltthemen arbeiteten.

Von den Workshops wurde eine Tonaufnahme gemacht, wobei vorgängig das mündliche Einverständnis von allen Beteiligten eingeholt worden war. Aus technischen Gründen wurde der Workshop mit den Primarschüler:innen nicht aufgezeichnet, weil das Aufnahmegerät überhitzte. Gleichzeitig stand der Workshopleitung eine Protokollvorlage zur Verfügung. Im Protokoll wurde das Gesagte stichpunktartig notiert.

Die Auswertung fand in erster Linie basierend auf den Protokollen statt. Die Aufnahmen wurden nicht transkribiert, weil eine Transkription nicht zu einem erhöhten Erkenntnisgewinn geführt hätte. Die Protokolle, die von A. Abderhalden und L. Torregroza in den Gruppenarbeiten geführt wurden, wurden mündlich besprochen. Wo Protokolle unklar waren, wurden die entsprechenden Ausschnitte aus den Aufnahmen zur Klärung angehört.

4.10 Entwicklungsprozess des methodischen Vorgehens

Das oben beschriebene methodische Vorgehen wurde im Rahmen dieser Masterarbeit entwickelt und angewendet, weil es kein etabliertes Verfahren gibt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften zu analysieren. Der Prozess der Methodenentwicklung war explorativ und erfolgte aufbauend in mehreren iterativen Schritten. Anfänglich wurde ein grobes methodisches Konzept erstellt, danach wurde das genaue methodische Vorgehen eines Arbeitsschritts definiert und sogleich angewendet, bevor dieses Prozedere für den nächsten Arbeitsschritt wiederholt wurde. Dies hatte zum Vorteil, dass die methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse aus der Durchführung eines Arbeitsschritts in die Entwicklung des nächsten Arbeitsschritts einfließen konnten. So konnte das methodische Vorgehen in einem iterativen Reflexionsprozess fortlaufend optimal auf die Zielsetzungen dieser Masterarbeit ausgerichtet werden und die Arbeitsschritte konnten auf den inhaltlichen Erkenntnissen eines vorherigen Arbeitsschritts aufbauen.

Auch innerhalb der einzelnen Arbeitsschritte war die Ausarbeitung des methodischen Vorgehens und dessen Anwendung keineswegs linear. Dies gilt insbesondere für das konzeptionelle Systemmodell, wofür zuerst eine graphische Darstellung angestrebt war, bevor festgestellt wurde, dass die Systemkomplexität so nicht zweckgemäss dargestellt werden konnte. Teilweise hatten auch Entwicklungen innerhalb des Projekts «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel» einen Einfluss auf das methodische Vorgehen. Beispielsweise wurde dort entschieden, die Storylines in die zwei Varianten zu unterteilen. Dieses Vorgehen wurde in der Masterarbeit übernommen.

Insgesamt war das iterative und aufbauende Vorgehen zwar weniger planbar, führte aber zur Entwicklung eines methodischen Vorgehens, das viele verschiedene Methoden kombiniert, unterschiedliche Informationsquellen berücksichtigt, auf verschiedene Falllandschaften angewendet werden kann und einen klaren Fokus auf die Darstellung der Resultate in leicht zugänglichen Formen legt.

5 Resultate I: Klimawandel als Treiber von Landschaftsveränderungen in der Schweiz

Dieses Kapitel setzt sich mit der Forschungsfrage 2 «Welches sind die wichtigsten erwarteten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz?» auseinander. Die Resultate basieren auf dem konzeptionellen Systemmodell und den Interviews mit den Landschaftsexpert:innen.

5.1 Wirkungspfade im konzeptionellen Systemmodell und deren Wechselwirkungen

Das konzeptionelle Systemmodell diente primär als Arbeitshilfe, um das vorhandene Wissen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften und Landschaftskompimente zu erfassen und zu strukturieren.

Im konzeptionellen Systemmodell wurden 87 direkte und 69 indirekte Wirkungspfade erfasst. Die Landschaftsrelevanz von 28 direkten Wirkungspfaden wurde als hoch eingestuft, von 23 als mittel und von 36 als tief. Die Landschaftsrelevanz von 17 der total 31 indirekten Wirkungspfade des Typs II wurde als hoch eingestuft, von 12 als mittel und von 2 als tief. Von den direkten Wirkungspfaden wurden 27 konzeptionell mit anderen direkten Wirkungspfaden und 39 mit indirekten Wirkungspfaden verknüpft. 39 direkte Wirkungspfade wurden mit keinem anderen Wirkungspfad verknüpft. Am häufigsten wurden die direkten Wirkungspfade mit einem und maximal mit sieben indirekten Wirkungspfaden verknüpft. Die indirekten Wirkungspfade wurden alle mindestens mit einem und maximal mit drei direkten Wirkungspfaden verknüpft.

Mit diesen Zahlen soll unterstrichen werden, dass viele direkte und indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaftskompimente bekannt sind, wovon ein Grossteil eine hohe oder mittlere Landschaftsrelevanz haben, und dass zahlreiche Wechselwirkungen zwischen diesen Wirkungspfaden bestehen. Die Zahlen sind als Übersichtshilfe zu verstehen. Die inhaltlichen Erkenntnisse aus dem Systemmodell werden in Kapitel 5.3 dargelegt.

5.2 Interviews mit Landschaftsexpert:innen

Die zentralen Erkenntnisse aus den Interviews mit den Landschaftsexpert:innen können anhand von Schwerpunktthemen, die von den Expert:innen als besonders bedeutende Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften bezeichnet wurden, zusammengefasst werden. Diese werden nachfolgend aufgezeigt und erläutert.

5.2.1 Wetterextreme und Naturgefahren

Trockenheit und verringerte Wasserverfügbarkeit und deren Auswirkungen auf Landschaften wurden von allen Expert:innen angesprochen. Die Trockenheit wurde einerseits als direkte Auswirkung auf Landschaften beschrieben. In diesem Kontext wurden die farblichen Veränderungen, das veränderte Erscheinungsbild der Vegetation, die erhöhte Mortalität in Wäldern (wird in Kapitel 5.2.2 detailliert ausgeführt) und Staubbildung angesprochen. Andererseits wurden die Auswirkungen der Trockenheit auf den Landwirtschaftssektor, die Waldwirtschaft und den Tourismussektor und mögliche Konflikte zwischen den Wassernutzungsbedürfnissen dieser Sektoren angesprochen. Die Auswirkungen von Trockenheit auf Landschaften wurden als stark eingeschätzt. Untenstehende Zitate zeigen exemplarisch diese Einschätzungen der Expert:innen.

«Ja vielleicht, dass es im Sommer nicht mehr so grün ist wie im Moment. Also wenn sich Trockenheiten häufen, dass man auch hier - so wie man das aus Südeuropa kennt - im Sommer eher braune, gelbe Landschaften hat.» (Interview D)

«Also wenn man jetzt Trockenheit nimmt, dann kann ich mir gut vorstellen, dass das satte Grün, das man sich gewohnt ist von Schweizer Landschaften [...] während vieler Monate in eine eher schmutzige Farbe ändern wird, wenn die Landschaft derart trocken ist. Oder zum Beispiel nur schon

Staubentwicklung in den landwirtschaftlichen Flächen: wenn man sich draussen bewegt, wenn man mit dem Velo unterwegs ist, wenn man wandert. In den Trockenmonaten gibt das eine derartige Staubentwicklung, wie man sie vorher gar nie hatte. Das ist jetzt für mich eine Landschaftscharakteränderung: dass man sich nicht mehr im Grünen und im Satten, sondern im Staubigen bewegt.» (Interview B)

«Es hat alles mit dem Wasser zu tun. Klimawandel ist vor allem bemerkbar mit dem Wasser, weniger mit der Temperatur, weil der Mensch die Temperaturskalierung, die schleichend stattfindet, in der Veränderung gar nicht so wahrnimmt. Die Form des Wassers ist hingegen Hauptträger der Veränderungen.» (Interview E)

«Bei Trockenheit braucht die Landwirtschaft Wasser. Das wird in Zukunft, oder es ist heute schon, der grosse Konfliktfaktor: die Gewässer haben kein Wasser mehr, die Landwirtschaft braucht Wasser. Woher nimmt die Landwirtschaft das Wasser?» (Interview D)

Nebst Trockenheit wurde auch die Zunahme von anderen Naturgefahren wie Hochwasser und Murgänge als bedeutende landschaftliche Auswirkung des Klimawandels beurteilt, wie in den untenstehenden Zitaten deutlich wird.

«Es gibt nicht nur Trockenperioden, sondern es gibt auf der anderen Seite auch Hochwasser. Auch das ist eine massive Betroffenheit auf der landschaftlichen Ebene. Im Siedlungsraum spielt vor allem das Thema Starkregenereignisse und wie wir damit umgehen eine Rolle.» (Interview F)

«Wenn der ganze Permafrost auftaut und die ganzen Erdrutsche und Murgänge [entstehen], da hat es nachher viel Schlamm und Geröll. Das ist nicht gerade attraktiv, ist unter Umständen auch mit den ganzen Verkehrswegen und Infrastrukturen problematisch. Das hat mit dem Landschaftsbild auch wieder indirekt zu tun, weil man in gewissen Gebieten vielleicht nicht mehr wohnen will, weil die Infrastruktur dorthin immer unterbrochen ist.» (Interview C)

In diesem Zusammenhang wurden auch verschiedene Anpassungsstrategien an das erhöhte Risiko für Naturgefahren wie technische Verbauungen, raumplanerische Massnahmen und Gewässerrevitalisierungen und deren landschaftliche Relevanz erläutert, wie nachfolgenden Zitaten entnommen werden kann.

«Ja, die Veränderungen sind vor allem dort gegeben, wo der Mensch mit technischen [...] Anpassungsmassnahmen reagiert.» (Interview E)

«Im besten Fall, das wäre dann auch landschaftsrelevant, macht man bei Verkehrswegen Tunnellösungen, aber häufig führt es dazu, dass irgendwelche Netze und dergleichen aufgestellt werden.» (Interview A)

«Es stellt sich aber auch die Frage der räumlichen Planung. Bei diesen Anpassungen, die die bauliche Entwicklung sowie die Erschliessung und die Anlegung von Skigebieten und von Wanderwegen betreffen, [gilt es] das Thema Naturgefahren stärker als bisher einzuschliessen und eben auch konsequenter als bisher zu sagen: Hier darf eben nicht mehr gebaut werden, weil der Bereich, sei es für Lawinen, sei es für Hochwasser, anfällig ist. Hier [gilt es] entsprechende Erwägungen zu treffen.» (Interview F)

«Ja vor allem mehr Raum für die Gewässer, denk ich da, also einerseits für Naturgefahren, dass man den Flüssen wieder Platz gibt, aber auch als Anpassung an den Klimawandel, um der Ökologie wieder mehr naturnahen Lebensraum zu geben, damit sie vielleicht auch diese Hitze, dieses weniger Wasser besser verkraften kann. Das hat natürlich enorme Auswirkungen auf die Landschaft.» (Interview D)

5.2.2 Wald

Ein weiteres Schwerpunktthema, das in sechs der sieben Interviews angesprochen wurde, war die Verschiebung der Vegetationshöhenstufen und die (artspezifische) Mortalität von Waldbäumen ausgelöst durch Trockenheit, Hitze und Schädlingsbefall. Diese Auswirkungen wurden mit einer Verschlechterung der Schutz- und Erholungsfunktion der Wälder und mit deutlichen Landschaftsveränderungen in Verbindung gebracht. Weiter wurde die Verschiebung der Waldgrenze in höhere Lagen auf Kosten der alpinen Fläche angesprochen. In untenstehenden Zitaten werden diese Einschätzungen der Expert:innen deutlich.

«Ich denke, dass sich längerfristig natürlich generell die Waldgesellschaften verschieben werden, dass diese Fichtenwälder im Mittelland dann wahrscheinlich relativ bald Geschichte sind.» (Interview A)

«Wenn die heutigen Bäume, nicht [...] [an die veränderten Bedingungen angepasst sind], dann gibt es in der Forstwirtschaft einiges zu tun, aber wie gesagt, [...] [die Wälder sehen] garantiert anders aus.» (Interview C)

«Die Gebiete in den Alpen, wo von Natur aus die Fichte wirklich dominant ist, das ist gerade in den inneren Alpen, in den trockenen Gebieten, das ist über grosse Regionen der Fall [...]: Wenn dort die Fichte [...] [nicht an die veränderten Bedingungen angepasst ist und grossflächig abstirbt], dann führt das zu einem recht radikalen Wandel.» (Interview A)

«Und wenn es [...] zu grössere Kahlfleichen kommt im Wald, weil Bäume absterben [weil sie nicht an die veränderten Bedingungen angepasst sind], [...] das sieht man natürlich [...] im Landschaftsbild ganz enorm.» (Interview A)

«Also wenn es, was ich als wahrscheinlich ansehe, nach extremen Trockensommern zu verbreiteter Mortalität [der Waldbäume] kommt, dann wird man punktuell Einbussen [der Waldleistungen] haben. Das kann die Schutzwirkung betreffen, das betrifft sicher auch die Erholungsfunktion, also dann spazieren Sie nicht im Schatten des Waldes, sondern in der Sonne des Waldes.» (Interview A)

«Stark betroffen sind die alpinen Gebiete, also das Vorrücken der Bäume an der Waldgrenze. Natürlich wird dies an vielen Orten durch die Landwirtschaft gebremst oder sogar verhindert, aber die Landwirtschaft ist nicht überall [präsent]. Die ist generell auch eher auf dem Rückzug in diesen Gebieten. Das ist landschaftsrelevant.» (Interview A)

Im Kontext der Auswirkungen auf die Waldgesundheit wurden diverse Anpassungsmassnahmen für die Forstwirtschaft vorgeschlagen. Diese umfassen in erster Linie eine Förderung von Baumarten, die den zukünftigen Bedingungen gut angepasst sind, sowie von mehr Diversität im Wald.

Weiter wurden auch Waldbrände als lokal prägend angesehen.

«Auch Effekte, die kurzfristig sehr prägend sind, wie grosse Waldbrände, die sind auch am Kommen [...]. Aber wenn man schaut, welche Flächen betroffen sind, auch wenn es mal 100 oder 1000 Hektaren sind oder so: es ist dann trotzdem relativ begrenzt und in ein paar Jahren wieder vergessen. Also das ist vorübergehend etwas Wichtiges.» (Interview A)

5.2.3 Schnee und Gletscher

Der Rückgang von Schnee und Gletschern wurde von allen Expert:innen angesprochen und als deutlich landschaftsrelevant eingeschätzt.

«Die Gletscherschmelze ist dramatisch und tut weh. Wenn man merkt, dass die heutigen Kinder mit Jahrgang 2022 die Gletscher selbst nicht mehr erleben werden.» (Interview E)

«Die Gletscher, da sieht man natürlich ganz deutlich die Veränderung der Landschaft. Das benutzen wir auch gerne als das Fotobeispiel für den Klimawandel: wo man ihn wirklich sieht, ein Werbeeffekt.» (Interview D)

«Das Naheliegendste ist ja die Gletscherschmelze und dass die Schneegrenze immer weiter nach oben rutscht. Und ich denke, das hat auf das Aussehen [der Landschaft] einen gewaltigen Einfluss.» (Interview C)

5.2.4 Landwirtschaft

Die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft wurden als erheblich und divers eingestuft. In diesem Kontext wurde beispielsweise die Zunahme der Bewässerungsbedürftigkeit vieler Kulturen, Ernteeinbussen durch Extremwetterereignisse sowie eine veränderte Bodenfruchtbarkeit angesprochen. Es wurden überdies vielfältige Anpassungsmassnahmen genannt, die mit dem Klimawandel notwendig werden und teils deutliche indirekte Auswirkungen auf Landschaften haben. Zu diesen gehören Anpassungen bei der Kulturen-, Sorten- und Standortwahl, veränderte Fruchtfolgen und Anpassungen an die verlängerte Vegetationszeit sowie veränderte Anbausysteme wie Agroforst oder geschützter Anbau.

«Also ich finde insgesamt den Umgang mit Extremwetterereignissen [in der Landwirtschaft] schwierig: denn was kann man [beispielsweise] bei Hagel machen? In den letzten Jahren ging einfach alles kaputt. [...] Die Kulturen, die etwas später gepflanzt wurden, haben [die Hagelereignisse] etwas besser überstanden. Das heisst folglich, wenn im nächsten Jahr der Hagel später kommt, dann wären die dran. Insgesamt ist es schwierig damit umzugehen.» (Interview G)

«Es wird so sein, dass die Gemüsebaugebiete unter einem erheblichen Druck stehen in Bezug auf Bewässerungen. Das Wasser, das genau während den Vegetationszeiten fehlen wird. Das sieht man im Seeland, in Biel, in Fribourg, im Waadtland, in der Orbe-Ebene, dort ist der Gemüsebau enorm unter Druck. Dort ist die Frage: «Haben wir auf die Länge noch einen Gemüsebau [...] und mit welchen Arten?»» (Interview E)

«Das heisst, es wird dringend, dass man mit anderen [landwirtschaftlichen] Kulturen arbeitet, [beispielsweise] Hirse oder Quinoa. [...] [Kulturen, die] trockenresistent sind. Und das sieht [in der Landschaft] garantiert anders aus.» (Interview C)

«Also ich persönlich sehe Agroforstsysteme klar als eine Art der Anpassung. Gerade bei Tierhaltungsbetrieben, sieht man, dass die Tiere Schatten [...] und Windschutz suchen [...]. Und im Ackerbau es ist vielleicht noch nicht so ganz offensichtlich, wobei [...] es ist ja auch nicht schwer, diese Bäume da zu installieren. Aus Studien aus Südfrankreich [wissen wir] zum Beispiel, dass das Getreide, das in Südfrankreich zum Teil notreif wird, in Agroforstsystemen, dadurch, dass es ein bisschen mehr Schatten hat und es humider ist, nicht notreif wird und ganz normal geerntet werden kann.» (Interview G)

«Genau, die standortangepasste Landwirtschaft; dass man sich den Voraussetzungen, die vom Standort gegeben sind, [...] bewusst ist und gezielter dahingehend anbaut, damit man Probleme nicht noch zusätzlich heraufbeschwört. An besonders trockenen Standorten muss ich nicht auch noch Mais pflanzen, der dann Probleme kriegt. [...] Ein viel gezielterer Anbau und dann [eine angepasste] Sortenwahl, klar. Kennt die Landwirtschaft [heute bereits]. Robustere Sorten - wir reden ja auch häufig über Krankheiten, die häufiger werden, auf der einen Seite kommen mehr Pilze, wenn ich so feuchte Klimata habe, aber auch mehr Insekten, wenn ich warme Klimata habe - und da kann ich mit der Züchtung etwas erreichen.» (Interview G)

«Die Landwirte wären natürlich extrem froh, sie dürften mehr Gewächshäuser [errichten]. Sie bräuchten weniger Wasser, weniger Pestizide und [die Kulturen] wären vor Frost und Hagel besser geschützt. Das erlaubt der Landschaftsschutz im Moment in der Schweiz nicht. In vielen Gebieten darf man keine Gewächshäuser bauen. Aber natürlich, wenn man durch die Niederlande fährt [...] diese

riesigen Flächen mit Gewächshäusern, die es dort hat, die sind unglaublich landschaftsprägend. Man könnte sich das theoretisch auch hier im Seeland vorstellen, dass man ein Gewächshaus am anderen hat.» (Interview D)

5.2.5 Ökologische Wirkungsgefüge

Von vier der sieben befragten Expert:innen wurden veränderte ökologische Wirkungsgefüge angesprochen, die beispielsweise entstehen können, wenn es zu phänologischen Verschiebungen kommt, gebietsfremde Arten einwandern oder Schädlinge von den veränderten klimatischen Bedingungen profitieren. Die landschaftlichen Auswirkungen dieser Veränderungen wurden als potenziell hoch eingestuft, insbesondere aufgrund unberechenbarer Risiken für Ökosysteme und deren Ökosystemdienstleistungen.

«Es gibt ganz vielfältige ökologische Wechselbeziehungen: das sind Nahrungsbeziehungen, das sind Räuber-Beute Beziehungen, das sind Symbiosen und anderes. Und die Entkoppelung dieser ökologischen Beziehungen [...], ganz trivial gesagt Schmetterling und Raupe, Vogel und Raupe, Vogel und Insekten [...] darüber ist unser Kenntnisstand noch viel zu gering. [Diese Entkopplung] ist aber in der Summe sicher, gerade wenn es um die landschaftliche Ebene geht, noch viel gravierender, als wenn man jetzt nur einzelne Arten und einzelne Organismen in ihrer Betroffenheit hinsichtlich des Klimawandels betrachtet. Also dieses Thema ökologische Wechsel- und Wirkungsbeziehungen und deren Entkoppelung durch den Klimawandel, das ist gerade auch für die landschaftliche Ebene ein ganz wichtiges Thema.» (Interview F)

«Was aber natürlich im Kontext des Klimawandels auch eine erhebliche Rolle spielt, ist das ganze Thema Neobiota bis hin zu invasiven Arten. Da muss man differenzieren, nicht jede neu einwandernde Art ist invasiv. Aber, ich sage mal ganz plakativ, wenn man sich die Verbreitungswege anschaut von solchen Neobiota, dann sind das sehr häufig Infrastrukturwege, es sind Verkehrswege, wo man zum Beispiel das Springkraut und andere Arten ganz deutlich wachsen sieht. Es sind Gewässer, über die Arten auch eben weitergetragen werden. Das sind Auswirkungen, die durch den Klimawandel nochmals gefördert und sehr stark begünstigt werden und die auf landschaftlicher Ebene nicht nur optisch wahrnehmbar sind. Eine Tier- oder Pflanzenart, die zu den Neobiota gehört, wird dann invasiv, wenn sie andere verdrängt und sich hier in diesem ökologischen Wirkungsgefüge bemerkbar macht und das sind ja auch wieder Auswirkungen auf der landschaftlichen Ebene.» (Interview F)

«Der [Apfelwickler] hat früher immer nur zwei Reproduktionsperioden [pro Jahr] gemacht und jetzt, weil es wärmer wird, kann er drei machen. (...) Deshalb [gibt es] mehr Probleme, weil sich die [Apfelwickler] immer aus der vorherigen Population vervielfachen.» (Interview G)

5.2.6 Hitzeinseln

Fünf der sieben befragten Expert:innen sprachen Hitzeinseln im Siedlungsgebiet als Auswirkung des Klimawandels an, die sich landschaftlich erst durch entsprechende Anpassungsmassnahmen manifestiert. Als Massnahmen wurden blaue und grüne Infrastruktur sowie die planerische Kühlung von Siedlungsgebieten angesprochen. Innerhalb von Siedlungsgebieten wurden Anpassungsmassnahmen als landschaftlich bedeutend beurteilt und deren Umsetzung als attraktivitätssteigernd eingeschätzt. Einige Zitate geben Einblick in die Einschätzung der Expert:innen.

«Ich habe gerade das Thema grüne Infrastruktur erwähnt. Sinnvoll miteinander vernetzte Grünsysteme bringen in der Regel mehr als einzelne Grünflächen: man denke nur an das Thema Frisch- und Kaltluftaustausch, der gerade im besiedelten Raum, wo Kalt- und Frischluftzufuhr ja eine wesentliche Rolle spielt. Und da kommt natürlich wieder ganz massiv die räumliche Planung zum Einsatz. Solche vernetzten grünen Systeme und grüne Infrastrukturen so zu kombinieren und anzulegen, dass verschiedene Ansprüche bestmöglich unter einen Hut gebracht und erfüllt werden.» (Interview F)

«Also das könnte wirklich [...] das Landschaftsaussehen der Siedlungen verändern, wenn man die [Siedlungen] mehr mit Grünflächen, Versickerungsflächen oder vielleicht auch mit Wasserflächen ausstattet.» (Interview D)

5.2.7 Landschaftscharakter

Ein Thema, das im konzeptionellen Systemmodell aufgrund der dort dominanten sektoralen Sichtweise zu kurz kam, aber in den Expert:inneninterviews als wichtig erachtet wurde, war die Auswirkungen des Klimawandels auf den Landschaftscharakter. Die Auswirkungen des Klimawandels wurden von den Expert:innen mit substantiellen Änderungen des gesamtheitlichen Landschaftscharakters in Verbindung gebracht, wie in folgenden Zitaten nachgelesen werden kann.

«Ich habe das Gefühl, das Dringlichste in der Landschaft ist der Landschaftscharakter, der ändert. Sprich, dass Landschaften sich nicht nur in kleinen Teilelementen verändern, sondern, dass man wirklich sieht, dass der Charakter [der Landschaft] ändert. Beispielsweise, wenn ein solcher Landwirtschaftsturm gebaut werden muss, der ziemlich unansehnlich ist und Häuser, Fassaden begrünt werden müssen. [Diese Veränderungen] sieht man dann wirklich. Die visuellen Änderungen werden jetzt substantiell sein und man wird sich nicht mehr in den gleichen Landschaften aufhalten können, wie man es gekannt hat vor, sagen wir, zehn Jahren.» (Interview B)

«Ja und vielleicht der lost character. Wo geht der Charakter hin? Er wird ja nicht parallel irgendwo anders wieder hinziehen, sondern es wird etwas übrigbleiben. [...] Die Vegetation wandert, es wird neue Kombinationen geben. Ich glaube, das wäre [die bedeutendste Veränderung]. Ich habe mir [...] überlegt, ob es ist die Landnutzung [ist], die entscheidender als das Klima ist, aber wenn [das Klima] jetzt so stark ändert, dann ändert der Landschaftscharakter.» (Interview B)

5.3 Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz

Nachfolgend werden die Haupteckdaten zu den wichtigsten erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz aus dem konzeptionellen Systemmodell und den Interviews mit den Landschaftsexpert:innen zusammengefasst. Obwohl dieser Masterarbeit ein gesamtheitliches Landschaftsverständnis zu Grunde gelegt wurde (siehe Kapitel 3.1) und Ziel der Arbeit eine Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften und nicht auf einzelne Flächen oder Kompartimente einer Landschaft ist, wird dieses Kapitel nach den Landschaftskompartimenten, die dem konzeptionellen Systemmodell als Grundlage dienten (siehe Kapitel 4.4.1), gegliedert. Diese Gliederung dient lediglich der Orientierung und der übersichtlichen Darstellung der Resultate und soll keineswegs darauf hindeuten, dass die beschriebenen Prozesse in einer Landschaft isoliert voneinander wirken. Dies zeigt sich auch darin, dass diese Struktur nicht ganz rigide befolgt werden kann. Gewisse Auswirkungen des Klimawandels lassen sich nicht auf bestimmten Flächen verorten und haben Einfluss auf mehrere Landschaftskompartimente. Diese gesamtlandschaftlichen Auswirkungen werden im nachfolgenden Kapitel 5.3.1 ausgeführt, bevor auf die einzelnen Landschaftskompartimente eingegangen wird. Eine Gliederung nach Sektoren wäre auch denkbar gewesen, denn im konzeptionellen Systemmodell werden die indirekten Auswirkungen des Klimawandels nach Sektoren gegliedert aufgeführt. Da sich die sektoralen Anpassungsmassnahmen relativ gut auf die Landschaftskompartimente beziehen lassen, wird jedoch nach Flächen vorgegangen. Ausnahme bildet Kapitel 5.3.8, wo separat auf alpine Tourismuslandschaften als Querschnittsthema eingegangen wird, weil dort Anpassungsmassnahmen im Sektor Tourismus aufgeführt werden, die keinem einzelnen Landschaftskompartiment sinnvoll zugeordnet werden können.

5.3.1 Gesamtlandschaftliche Auswirkungen

Mit dem Klimawandel wird ein massiver Rückgang des Schneefalls und der Schneebedeckung erwartet (NCCS 2018a). Dieser Rückgang hat direkte landschaftliche Auswirkungen, die insbesondere, aber nicht nur, während dem Winterhalbjahr auftreten und Gebiete in höheren Lagen, wo heute mehr Schnee liegt, betreffen werden (NCCS 2018a). Nennenswerte Auswirkungen sind farbliche Veränderungen von Weiss zu Grau oder Braun sowie ein Verlust der Winteratmosphäre (Köllner et al. 2017). Weiter ist von einer Abnahme der Lawinen auszugehen, was einer Risikominderung gleichkommt (Köllner et al. 2017; NCCS 2018a).

Das Hochwasserrisiko hängt von vielen Faktoren ab und muss daher pro Einzugsgebiet spezifisch betrachtet werden (BAFU 2021). Jedoch ist davon auszugehen, dass das Risiko für (lokale) Hochwasser

mit dem Klimawandel gesamthaft zunehmen wird (BAFU 2021). Hochwasser können direkte landschaftliche Auswirkungen haben, wenn beispielsweise Flächen überschwemmt werden, Sediment und Schwemmmaterial abgelagert wird oder Schäden an Ökosystemen und Sachschäden entstehen (BAFU 2021). Hochwasser können auch indirekte Auswirkungen auf Landschaften haben, insbesondere durch Risikominderungsmaßnahmen (PLANAT 2018). Auf diese wird im Abschnitt 5.3.2 vertiefter eingegangen, weil diese primär zum Schutz von Menschenleben und Infrastrukturen ergriffen werden.

Auch das Risiko für Sturzprozesse, Massenbewegungen, Rutschungen, Hangmuren oder Murgänge sollte lokal analysiert werden (PLANAT 2018). In Hanglagen ist jedoch gesamthaft von einem, durch den Permafrost- und Gletscherrückzug und der damit assoziierten erhöhten Sedimentverfügbarkeit begünstigten, erhöhten Risiko für diese Gefahren auszugehen (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; NCCS 2021a). Es sind bei gewissen Ereignissen Prozessketten bis in tiefere Lagen denkbar (BAFU 2021; Noetzi & Phillips 2019). Solche Ereignisse sind fast immer landschaftsrelevant, können je nach Intensität jedoch unterschiedlich prägende Auswirkungen für eine Landschaft haben. Diese Auswirkungen können auf sehr lokaler Ebene bis hin zur regionalen Ebene sichtbar sein. Auf die Risikominderungsstrategien, die ebenfalls landschaftsprägend sein können, wird wiederum im Abschnitt 5.3.2 vertiefter eingegangen.

Der Klimawandel kann sowohl negative als auch positive Auswirkungen auf die Artzusammensetzung und Lebensräume haben und diese können landschaftsverändernd wirken (Köllner et al. 2017). Einige dieser Auswirkungen werden in anderen Abschnitten thematisiert. Besonders landschaftsrelevant sind jene Auswirkungen auf die Artzusammensetzung und Lebensräume, welche die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen stören können, beispielsweise wenn die Interaktionen zwischen verschiedenen Arten durch Veränderungen der Phänologie oder sich ändernde Verbreitungsgebiete gestört werden, wenn Lebensräume verschwinden oder wenn unkontrollierte und grossflächige Verbreitung von gebietsfremden Arten, Schädlingen oder Krankheitserregern auftritt (Köllner et al. 2017).

5.3.2 Bebaute Flächen

Die Auswirkungen des Klimawandels auf bebauten Flächen können grösstenteils auf die Zunahme von Naturgefahren und Hitze, beziehungsweise Wärmeinseleffekte, zurückgeführt werden.

Es kann eine Zunahme der Sachschäden durch Hochwasser und in Hanglagen durch Murgänge, gravitative Sturzprozesse und Rutschungen erwartet werden (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BAFU 2021; Bebi et al. 2016; Köllner et al. 2017; NCCS 2021a; Noetzi & Phillips 2019). Solche Schäden können Siedlungslandschaften kurzfristig wie auch langfristig massgeblich prägen. Diesen Schäden kann mittels raumplanerischer, technischer, biologischer und organisatorischer Massnahmen vorgebeugt werden (PLANAT 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Diese Massnahmen haben eine gefahrenminimierende und somit landschaftsbewahrende Funktion, können jedoch in ihrer Umsetzung landschaftliche Veränderungen anstossen, die nicht ausschliesslich den Siedlungsraum, sondern auch die umliegenden Landschaften betreffen. Raumplanerische Massnahmen greifen, indem sie die Siedlungsentwicklung sowie räumliche Nutzungen beeinflussen (PLANAT 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Technische Massnahmen umfassen beispielsweise die Sanierung oder die Erbauung von Schutzbauwerken wie Lawinverbauungen, Sedimentrückhaltebecken oder Hochwasserschutzdämmen und sind häufig am Siedlungsrand oder ausserhalb der Siedlung lokalisiert (PLANAT 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Biologische Massnahmen wie Schutzwälder und Hangbegrünungen sind ebenfalls eher am Siedlungsrand oder ausserhalb der Siedlung positioniert und sind an natürliche Prozesse gebunden (PLANAT 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Organisatorische Massnahmen sind vorbereitete Tätigkeiten, die ausgeführt werden, um das Schadenausmass eines Ereignisses zu begrenzen (PLANAT 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Sie haben somit meist keine direkten landschaftlichen Auswirkungen, können sich jedoch auf die Landschaftsnutzung auswirken, beispielsweise bei der Sperrung betroffener Gebiete oder bei Evakuierungen. Es kann ausserdem mit einer Abnahme der Sachschäden durch Schnee, Lawinen und Frost gerechnet werden, was landschaftserhaltend ist (Köllner et al. 2017; NCCS 2021a).

Siedlungsgebiete erhitzen sich tagsüber mehr und kühlen nachts langsamer ab, als umliegende ländliche Gebiete: ein Effekt, der als Wärmeinseleffekt bezeichnet wird (Köllner et al. 2017). Der Wärmeinseleffekt wirkt kaum direkt auf Siedlungslandschaften, wohl aber indirekt. Hitze beeinflusst die Menschen in ihrer Nutzung des Siedlungsgebiets und Anpassungsstrategien können das Erscheinungsbild der Siedlung gestalten. Massnahmen gegen Hitze umfassen grüne Infrastruktur, blaue Infrastruktur, Massnahmen an Gebäuden sowie städteplanerische Massnahmen (BAFU 2018; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Unter grüner Infrastruktur wird die (Weiter-) Entwicklung von öffentlichen und privaten Grünräumen sowie die Begrünung und somit die Beschattung von Verkehrsflächen verstanden (BAFU 2018). Unter blauer Infrastruktur werden Massnahmen wie offene, bewegte und zugängliche Wasserflächen, die Entsiegelung von Oberflächen und Regenwassermanagement zusammengefasst (BAFU 2018). Blaue und grüne Infrastrukturen können sich auch positiv auf das Hochwassermanagement einer Siedlung auswirken (BAFU 2018). Die Begrünung von Dächern und Fassaden sowie die Beschattung von Gebäuden mit Bäumen sind Massnahmen gegen Hitze, die an Gebäuden umgesetzt werden können (BAFU 2018). Städteplanerische Massnahmen sind auf die Erhaltung und Errichtung von Frischluftkorridoren ausgerichtet (BAFU 2018). Die Kühlung von Innenräumen mittels Klimaanalgen kann auf privater Ebene erfolgen, hat aber Einfluss auf den Energiebedarf von Gebäuden (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012).

5.3.3 Feuchtflächen

Feuchtgebiete, sprich Hochmoore, Flachmoore und Moorlandschaften, und die darin ansässigen Ökosysteme können durch Trockenperioden beeinträchtigt oder sogar zerstört werden (Niedermair et al. 2011). Findet jedoch ein Austausch funktionell ähnlicher, aber trockenheitsresistenterer, Arten statt, können Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen erhalten bleiben (Graf et al. 2021). Bei den extremsten Klimaszenarien und ausbleibenden Schutzmassnahmen für die Moore, ist dies eher unwahrscheinlich (Graf et al. 2021). Der Verlust von Feuchtgebieten kommt einem Lebensraumverlust gleich und führt zu einer Abnahme der landschaftlichen Diversität.

5.3.4 Landwirtschaftliche Flächen

Der Klimawandel stellt die Landwirtschaft vor vielseitige Herausforderungen: (Sommer-) Trockenheitsperioden und eine damit verbundene Zunahme des Bewässerungsbedarfs von Kulturen, eine Steigerung des Schädlingsdrucks, Starkniederschläge mit Auswaschung und Bodenerosion sowie Hitzestress für Kulturen und Tiere gehören dazu (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BAFU 2021; BLW 2011; Henne et al. 2018; Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Hingegen können sich eine Abnahme der Frostschäden, eine verlängerte Vegetationsperiode und wärmere Mitteltemperaturen positiv auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; Köllner et al. 2017). Spuren dieser veränderten Bedingungen in der Landschaft sind farbliche Veränderungen von Grün- hin zu Gelb- und Brauntönen, verstärkte Staubbildung, sichtbare Schäden an Kulturen oder Feldfrüchten sowie Erosionsspuren.

Landschaftlich ist insbesondere der Umgang mit den obengenannten Herausforderungen und Chancen relevant. Bei fehlender oder erfolgloser Anpassung der Produktion kann es zur Aufgabe gewisser Flächen kommen, was in der Landschaft deutlich sichtbar wäre. Massnahmen im Umgang mit zunehmender Trockenheit umfassen Anpassungen bei der Kulturen-, Sorten und Standortwahl, bei der Bodenbearbeitung sowie eine Anpassung der Bewässerungsinfrastruktur (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BAFU 2021; BLW 2011; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Von landschaftlicher Relevanz sind diese Massnahmen einerseits durch farbliche und textuelle Veränderungen durch den Anbau anderer Kulturen oder den Anbau gewisser Kulturen an neuen Standorten sowie durch die klareren optischen Unterschiede zwischen bewässerten und nicht bewässerten Flächen. Alternative Bekämpfungsmassnahmen gegen Schädlinge wie Blühstreifen und Landschaftselemente zur Förderung von Nützlingen sind Anpassungsmassnahmen, die in der Landschaft durch eine erhöhte Strukturvielfalt sichtbar sind (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BLW 2011; Köllner et al. 2017). Optimierungen in der Tierhaltung, um dem Klimawandel zu begegnen, umfassen unter anderem eine angepasste Weideführung, die Schaffung einer kühleren Stallumgebung und Beschattung (Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Zur

Minderung der Risiken durch Starkregenereignisse, Auswaschung und Bodenerosion trägt eine durchgehende Bodenbedeckung mit Vegetation bei (Zuazo & Pleguezuelo 2009).

Weitere landschaftlich relevante Anpassungsmassnahmen an veränderte klimatische Bedingungen, die mehreren Herausforderungen begegnen, sind das Anlegen von Agroforstkulturen sowie ein vermehrtes Umsteigen auf den geschützten oder hochtechnologisierten Anbau mit entsprechenden Bauten wie Regendächern, Hagelnetzen, Gewächshäusern oder Gebäuden für eine vertikale Landwirtschaft (BLW 2011; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012).

Die Alpwirtschaft trägt wesentlich zum alpinen Erscheinungsbild bei. Eine frühere Schneeschmelze kann einen früheren Alpaufzug und eine längere Alpungsdauer ermöglichen und in Trockenjahren gewinnen Alpweiden als Futterquelle an Bedeutung (Schneider et al. 2014). Diese Faktoren können die Bedeutung der Alpwirtschaft stärken. Hingegen stellen die Wasserversorgung unter veränderten hydrologischen Bedingungen sowie die steigende Waldgrenze Herausforderungen des Klimawandels für die Alpwirtschaft dar (Schneider et al. 2014).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Klimawandel zahlreiche Herausforderungen und einige Chancen für die Landwirtschaft mit sich bringt. Landschaftsrelevant sind insbesondere Spuren der Trockenheit sowie die Anpassungsstrategien an die veränderten Bedingungen. Es sind vielfältige Anpassungsstrategien denkbar, die sich jeweils ganz spezifisch auf die Landschaft auswirken können.

5.3.5 Naturnahe Flächen

In glazialen Landschaften kommt der durch den Klimawandel ausgelöste Gletscherrückzug einer Veränderung des Gesamtlandschaftscharakters gleich (BAFU 2021). Durch den Gletscherrückzug entstehen neue Lebensräume und die Sukzession auf diesen Flächen wird deutlich landschaftsrelevant sein (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016). Auf die Entstehung von neuen Seen im ehemaligen Gletschergebiet wird in Kapitel 5.3.7 eingegangen. Die Gletscherschmelze hat Einfluss auf das Landschaftsbild und führt zu einem Attraktivitätsverlust der betroffenen Gebiete (Haeberli et al. (Hrsg.) 2013; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Weiter ist die steigende Waldgrenze mit einer Abnahme der alpinen Fläche verbunden (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016).

5.3.6 Wälder

Klimawandelbedingte Herausforderungen für den Wald umfassen im Wesentlichen:

- Steigende Mortalität von Waldbäumen durch Trockenheits- und Temperaturextreme
- Verschiebung der Verjüngungsnischen und Verbreitungsgebiete der angestammten (Haupt-)Baumarten in Wäldern
- Verschiebung der Vegetationshöhenstufen
- Waldwandel aufgrund zunehmender Störungen wie Schädlingsbefall, Waldbrände oder Stürme

(Arend et al. 2016; Brang et al. 2016; Frehner et al. 2018; Pluess et al. 2016; Wohlgemuth et al. 2016; Zimmermann et al. 2016)

Für den Erhalt der Waldgesundheit sind aufgrund der oben genannten Herausforderungen häufig forstwirtschaftliche Massnahmen notwendig. Viele dieser Massnahmen greifen innerhalb der Wälder (Brang et al. 2016) und sind somit nicht direkt landschaftlich relevant. Sie sind aber insofern landschaftsrelevant, als dass sie das Erscheinungsbild eines gesunden Waldes bewahren können und zum Erhalt wichtiger Waldleistungen wie Schutz- und Erholungsfunktion notwendig sind (Bebi et al. 2016; Pluess et al. 2016). Aufgrund der Verschiebung der Vegetationshöhenstufen und der Änderung der Verbreitungsgebiete gewisser Baumarten, können forstwirtschaftliche Massnahmen dazu führen, dass es zu einem Wechsel der Hauptbaumarten eines Waldes, insbesondere von Nadelbäumen zu Laubbäumen, kommt (Pluess et al. 2016), was das (farbliche) Erscheinungsbild eines Waldes jahreszeitlich stark verändern kann.

Kann die Waldgesundheit nicht erhalten werden, hat dies deutliche landschaftliche Konsequenzen und in Schutzwäldern kann die Schutzwirkung verringert oder ganz eingebüsst werden (Bebi et al. 2016). In diesem Fall kann die Errichtung von technischen Verbauungen notwendig sein (Bebi et al. 2016).

Weiter kann eine Verschiebung der Waldgrenze in höhere Lagen und ein Bestandeswachstum in höheren Lagen erwartet werden (Arend et al. 2016). Da die (relative) Höhe der Waldgrenze in alpinen Gebieten wichtiges Merkmal einer lokalen Landschaft ist, ist auch diese Auswirkung des Klimawandels landschaftsrelevant.

5.3.7 Wasserflächen

Es wird schweizweit mit einer Veränderung der saisonalen Abflüsse und der Wasserverfügbarkeit gerechnet (BAFU 2021). Wie gross diese Veränderungen pro Saison sind, hängt hauptsächlich vom Abflussregime, der Höhenlage und den Eigenarten eines Einzugsgebiets ab (BAFU 2021). Der grossflächige Trend zeigt in Richtung Zunahme der Abflüsse im Winterhalbjahr und Abnahme im Sommerhalbjahr (BAFU 2021). Im Mittelland, im Jura und auf der Alpensüdseite werden im Sommer und im Herbst häufigere und ausgeprägtere Niedrigwassersituationen erwartet (BAFU 2021). Diese Niedrigwassersituationen werden mit sehr negativen Auswirkungen für die Gewässerökosysteme und die menschliche Wassernutzung in Verbindung gebracht (BAFU 2021). Weiter können sich in der Landschaft tiefere Pegel in unregulierten Gewässern bemerkbar machen (BAFU 2021). Auch eine steigende Gewässertemperatur in Seen und die damit verbundene Änderung des Mischverhaltens wird mit negativen Folgen für Gewässerökosysteme in Verbindung gebracht (BAFU 2021). Gleichzeitig wird mit einer Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen, die zu Hochwasserereignissen führen, gerechnet (BAFU 2021). In Wildbächen wird mit einer Zunahme von Murgängen und allgemein mit einem erhöhten Sedimentaustrag gerechnet (BAFU 2021). Diese Sedimente werden in flacheren Talflüssen, Deltas und Seen abgelagert, was zu einer Verminderung der Abflusskapazität des Gerinnes und so zur Erhöhung der Auftretenswahrscheinlichkeit von Überschwemmungen beiträgt (BAFU 2021; Speerli et al. 2020). Diese Sedimenteinträge können in alpinen Speicherseen zu Verlandungsproblemen führen, was mit steigendem Aufwand für den Unterhalt in Verbindung gebracht werden kann (BAFU 2021). Die oben beschriebenen Veränderungen von Abflüssen, Wasserverfügbarkeit und Gewässertemperatur wirken direkt auf Landschaften, weil sie die Gewässer und Ökosysteme in und an den Gewässern massgeblich verändern.

Gewässerrevitalisierungen unter Berücksichtigung des Klimawandels können dazu beitragen, dass Gewässerökosysteme eine verbesserte Resilienz gegenüber den genannten Veränderungen aufweisen und tragen zusätzlich zum Hochwasserschutz bei (BAFU 2021). Die Umsetzung von Revitalisierungsvorhaben ist landschaftlich relevant. Die Mehrzwecknutzung von Speicherseen für den Hochwasserrückhalt ist ebenfalls eine Adaptionsmassnahme (BAFU 2021). Auf weitere Massnahmen im Bereich Hochwasserschutz wird im Kapitel 5.3.1 eingegangen.

Um die vorhandenen Wassernutzungsbedürfnisse möglichst vollständig decken zu können, sind aufgrund der erwarteten Niedrigwassersituationen neue Konzepte zur Wasserspeicherung und Wasserverteilung notwendig (BAFU 2021; Haeberli et al. (Hrsg.) 2013; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Denkbare Ansätze sind die Nutzung von natürlichen Wasserspeichern, die Mehrzwecknutzung von Speicherseen, die Anpassung von Seeregulierungen, der Bau von Wasserspeichern für Bewässerungszwecke und die Optimierung der Verteilsysteme sowie rechtlich festgelegt Verteilregeln bei Knappheit (BAFU 2021; Haeberli et al. (Hrsg.) 2013; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Die genannten Adaptionsmassnahmen sind insofern landschaftlich relevant, als dass sie Einfluss auf die regionale Wasserverfügbarkeit nehmen, was beispielsweise für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung und deren landschaftliches Auftreten bedeutend ist.

In den Übertiefungen von gewissen schmelzenden Gletschern werden neue Seen unterschiedlicher Grössenordnungen entstehen (Haeberli et al. (Hrsg.) 2013). Je nach Situation kommt die Errichtung von Talsperren für Speicherseen in Frage (Haeberli et al. (Hrsg.) 2013). Diese Entwicklungen sind im alpinen Gebiet stark landschaftsrelevant.

Zunehmende Instabilitäten im Felsen und Sturzereignisse, ausgelöst durch den Permafrostrückzug, vergrössern das Risiko für Sturzereignisse in alpine Seen und nachfolgende Flutwellen, welche zu erheblichen Schäden führen können (BAFU 2021; Haeberli et al. (Hrsg.) 2013; Noetzli & Phillips 2019).

5.3.8 Alpine Tourismuslandschaften

Alpine Tourismuslandschaften umfassen verschiedene Landschaftskompartimente und werden hier als Querschnittsthema angesprochen.

Alpine Tourismuslandschaften werden durch den Rückgang des Schneefalls und der Schneebedeckung, den Gletscherrückzug und die Entstehung von neuen Seen in Übertiefungen von schmelzenden Gletschern eine Veränderung des Landschaftsbildes erfahren (Haeberli et al. (Hrsg.) 2013; Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Es ist mit Ertragseinbussen im Wintertourismus und Ertragsgewinnen im Sommertourismus zu rechnen (NCCS 2021b). Speziell Wintersportgebiete in tiefen und mittleren Lagen sind in ihrer wirtschaftlichen Existenz gefährdet und könnten aufgrund der Folgen des Klimawandels zur Schliessung gezwungen werden (Köllner et al. 2017). Weil Wintersportgebiete prägend für lokale Landschaften sind, hätte deren Schliessung grosse landschaftliche Relevanz. Eine Unterstützung und Weiterentwicklung des Schneesports gilt als national festgelegtes Anpassungsziel an den Klimawandel (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Daher ist davon auszugehen, dass zumindest gewisse Wintersportgebiete gefördert und erhalten werden. Dies wird mit einem Druck einhergehen, höher gelegene und noch unberührte Gebiete für den Wintertourismus zu erschliessen (Schweizerische Eidgenossenschaft 2012), was diese Landschaften grundlegend verändern würde.

Der Tourismussektor kann sich auch mit einer Diversifikation des touristischen Angebots an die veränderten Bedingungen anpassen, indem Aktivitäten gefördert werden, die nicht von den Schneeverhältnissen abhängig sind und indem ganzjährige Tourismusangebote ausgebaut werden (Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Durch den Klimawandel entstehen auch Chancen für die alpinen Tourismusregionen. Gerade in den Sommermonaten ist es denkbar, dass mehr Menschen das vergleichsweise kühlere Bergklima aufsuchen und durch späteren Schneefall verlängert sich die Wandersaison (BAFU 2021). In Gebieten, wo Gletscher abschmelzen und neue Seen entstehen, können diese zur wahrgenommenen Qualität von Landschaften beitragen (Haeberli et al. (Hrsg.) 2013). Über diese Anpassungen im Tourismussektor wirkt sich der Klimawandel indirekt auf Landschaften aus, beispielsweise durch den Bau neuer Infrastrukturen oder durch veränderte Nutzungsmuster.

6 Resultate II: Regionenspezifische Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in Ramosch

6.1 Charakterisierung der Falllandschaft

Beschreibung der Falllandschaft

Im Folgenden wird die Falllandschaft in ihrem heutigen Zustand charakterisiert (siehe auch Abbildung 6, S. 23).

Das Dorf Ramosch liegt auf 1230 m ü. M. auf der linken Talseite etwas oberhalb der Talsohle im untersten Teil des Unterengadins im Kanton Graubünden (Swisstopo 2022). Es gehört zur politischen Gemeinde Valsot, die aus 11 Siedlungen besteht und 2021 829 Einwohner:innen hatte (Gemeinde Valsot 2022; Kanton Graubünden 2022). Der Inn fließt in Richtung Nordosten durch den Talboden des Unterengadins und wird abschnittsweise von felsigen Talflanken, steilen Böschungen der Schotterterrassen und Schuttkegeln der Seitenbäche gesäumt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017; Swisstopo 2022). Geologisch liegt die Falllandschaft im Gebiet des tektonischen Unterengadiner Fensters, wo die ostalpinen Decken über die penninischen Bündnerschiefer geschoben und später vollständig abgetragen wurden, weshalb die penninischen Bünderschiefer aufgeschlossen sind (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Die linke Talflanke des Unterengadins ist geologisch durch leicht erodierbaren Bünderschiefer und Sedimente charakterisiert und die rechte Talseite ist geprägt durch härtere kristalline Gesteine der Silvretta- und Tasma-Decke (Mauch 2004). Daher sind die Talflanken auf der rechten Seite steiler und auf der linken Seite steigen die Hänge sanfter auf (Mauch 2004). Auf beiden Seiten wird das Tal von hohen Bergen von über 2'500 m Höhe flankiert (Swisstopo 2022). In der Falllandschaft ist der Piz Ajüz mit 2'754 m Höhe auf der rechten Talseite deutlich sichtbar. Das trockene inneralpine Klima des Unterengadins und die Öffnung des Tals gegen Osten ist prägend für die Vegetation und den Charakter der Kulturlandschaft (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Durch das abgeschirmte Klima liegt die Waldgrenze im Unterengadin auf rund 2'200 m über Meer, was vergleichsweise hoch ist (Mauch 2004).

Die rechte Talseite der Falllandschaft ist bis zur Waldgrenze weitestgehend bewaldet und oberhalb der Waldgrenze befinden sich subalpiner und alpiner Gebirgsrasen (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Auf dieser Talseite ist das Val d'Assa als deutlicher Einschnitt in der Landschaft sichtbar. Im bewaldeten Hang nahe des Inns sind zwei nicht bewaldete mittelgrosse Schotterflächen im Wald sichtbar, die Risch Lad Dadaint und die Risch Lad Dadora (Swisstopo 2022). Nahe dem Talboden am rechten Ufer des Inns verläuft eine Hochspannungsleitung durch den Wald. Der Inn fließt durch Auenflächen mit offenen Kiesbänken, Weidengebüschen und montanem Grauerlenwald, die als Auengebiete von nationaler Bedeutung eingestuft sind (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Diese Auen bieten wertvolle Lebensräume (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Ein weiteres prägendes Landschaftsmerkmal ist die Kantonsstrasse, die ungefähr auf halber Höhe zwischen dem Dorf und dem Inn verläuft. Die Flächen auf der linken Talseite zwischen dem Inn und der Strasse sind leicht terrassiert und werden landwirtschaftlich genutzt. Das Dorf Ramosch zeichnet sich durch eine relativ geschlossene Siedlungsstruktur, die durch Gärten aufgelockert wird, helle mehrstöckige Steinhäuser im italienischen Stil mit relativ flachen und meist grauen Dächern sowie die spätgotische Kirche San Flurin aus (Mauch 2004). Das Dorf liegt eingebettet in eine durch Hecken reich strukturierte Terrassenlandschaft (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Die Terrassen sind östlich von Ramosch am Hang zwischen dem Dorf und der Motata (Flurname) besonders gut sichtbar und dort liegen bis zu 30 Terrassen übereinander (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Die Terrassierung um Ramosch gilt als zentrales Merkmal der Unterengadiner Kulturlandschaft. Oberhalb des Dorfes liegt der von Fichten dominierte Schutzwald Bos-cha Grischa (Swisstopo 2022).

Ackerbau spielte in der Nutzungsgeschichte Fallregion über Jahrhunderte eine wichtige Rolle und war bis nach dem Zweiten Weltkrieg die Haupteinnahmequelle der Landwirtschaft (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Der Ackerbau fand an den terrassierten Hängen statt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Heute werden die Terrassen als extensive bis mittel-intensive Mähwiesen genutzt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Wiesenbewirtschaftung ist die dominante

landwirtschaftliche Nutzungsform und wird im Talboden intensiver als auf den Terrassen betrieben (BAFU, 2017; Interview I). Eine ackerbauliche Nutzung findet auf vereinzelt Parzellen statt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Die flacheren Wiesen wurden traditionell mit Bewässerungskanälen bewässert, die heute noch sichtbar, aber grösstenteils zerfallen sind (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Bewässerung findet heute primär mittels Rollwagen statt (Interview I).

Der Inn und seine Zuflüsse werden im ganzen Einzugsgebiet von der Engadiner Kraftwerke AG zur Produktion von Wasserkraft intensiv genutzt (Engadiner Kraftwerke AG 2022a). Ramosch liegt an der Stufe Pradella – Martina. In Pradella wird der Inn um 10 m aufgestaut und über einen 14 km langen Druckstollen bis in die Zentrale in Martina geleitet (Engadiner Kraftwerke AG 2022a; Engadiner Kraftwerke AG 2022b). Somit ist die Wasserführung des Inns in der Falllandschaft von der Restwassermenge dieser Wasserfassung abhängig (Mauch 2004).

Die Waldnutzung in der Falllandschaft ist primär auf die Schutzwaldpflege ausgerichtet (Interview L). Eine holzwirtschaftliche Nutzung findet ebenfalls statt (Interview L). Das Gebiet oberhalb von 1600 m ü. M. auf der rechten Talseite sowie ein Grossteil des Waldes im Val d'Assa ist ein Waldreservat (Interview L; swisstopo, 2022). Waldreservate sind Schutzflächen zur Förderung der ökologischen und biologischen Vielfalt im Wald (Swisstopo 2022).

Touristische Infrastrukturen sind in der Falllandschaft keine sichtbar. Ein dichtes Wanderwegnetz und im Winterhalbjahr Langlaufloipen sind vorhanden, aber nicht landschaftsprägend.

Dominante landschaftsprägende Prozesse in der Fallregion heute sind landwirtschaftliche Aktivitäten, die Waldbewirtschaftung, insbesondere die Schutzwaldpflege, die Siedlungsentwicklung und die Wasserkraftproduktion.

6.1.1 Charakterisierung der Landschaft nach dem Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz

Die Stiftung Landschaftsschutz Schweiz klassifiziert im Rahmen der Beispielgebiete zum «Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz» die Landschaften im Unterengadin als «Historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert» innerhalb der Patrimoinetextur (Stiftung Landschaftsschutz Schweiz 2014). Die Patrimoinetextur wird verwendet, um das kulturelle und historische Erbe einer Landschaft zu unterstreichen und verdeutlicht den historischen Ausdruck eines Siedlungs- und Nutzungsraums (Rodewald et al. 2014). Historische Kulturlandschaften von baukulturellem Wert sind als Erinnerungslandschaften identitätsprägend, verfügen über historische Ortsbilder, Bauten und Wege und in der Landschaft manifestieren sich Zeichen der regionaltypischen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und des Gewerbes (Rodewald et al. 2014). Da diese Klassifizierung für das gesamte Unterengadin vorgenommen wurde, lohnt es sich, diese Klassifizierung für die Falllandschaft in Ramosch zu konkretisieren.

Die Falllandschaft beinhaltet Elemente aus verschiedenen charakteristischen Kulturlandschaften. In Tabelle 16 werden diese genannt und die daraus resultierenden Landschaftsqualitäten in der Fallregion aufgeführt.

Tabelle 16: In der Falllandschaft vorhandene charakteristische Kulturlandschaften nach Rodewald et al. (2014) und die daraus resultierenden Landschaftsqualitäten für die Falllandschaft

Charakteristische Kulturlandschaft	Definition nach Rodewald et al. (2014). Fett markierte Textpassagen sind in der Falllandschaft besonders relevant.	Landschaftsqualitäten Wichtigste Landschaftsqualitäten aus den vier Kategorien «Kultureller Ausdruck», «Natürlicher Ausdruck», «Identifikation und Heimatbildung» und «Erholungs- und Erlebnisleistung» nach Rodewald et al. (2014), die in der Falllandschaft zum Ausdruck kommen
Waldlandschaft	«Waldlandschaften sind zusammenhängende, dünn besiedelte Waldgebiete. Ihr Erscheinungsbild wird massgeblich durch den Wald und die darin vorkommenden Waldgesellschaften sowie durch die Art der Waldnutzung und Waldbauform (z.B. Hochwald, Mittelwald, Plenterwald) geprägt. Waldlandschaften können stark forstwirtschaftlich genutzt, aber auch unbewirtschaftet sein.» (Rodewald et al. 2014, S. 15)	<ul style="list-style-type: none"> • Schonende und regionaltypische Waldbewirtschaftung • Standortgerechte einheimische Baumartenzusammensetzung • Naturprägung grossflächiger Landschaften • Verbundenheit der Bevölkerung mit der Schutzfunktion des Waldes • Vielfältiges ästhetisches Erlebnis
Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt	«Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt umfassen Kulturlflächen, die sich durch ein Mosaik von verschiedenen Nutzungen, Anbaumethoden oder Feldkulturen auszeichnen und über einen hohen Anteil an raumgliedernden Strukturen verfügen . Es können auch Spezialkulturen wie Reben, Tabak, Hopfen, Gemüse- und Obstanlagen oder Beeren integriert sein. Diese gemischt genutzten Wiesland/Ackerbau-Gebiete sind oft geprägt von kompakt-parzellenscharfen, schematischen Feldeinteilungen mit technischen Anbaueinrichtungen (Bewässerungen, Drahtzüge, Zäune und anderes).» (Rodewald et al. 2014, S. 35)	<ul style="list-style-type: none"> • Zeugen der traditionellen Bewirtschaftung • Hoher Anteil raumgliedernder Strukturen • Grosse Habitats- und Artenvielfalt • Vielfältige mikroklimatische Bedingungen • Regionale und lokale Spezialitäten • Topos der kultivierten und gepflegten Landschaft • Regionaltypische Nutzungsgeschichte • Grosser Erholungswert • Hoher Stimmungsgehalt • Vielfältiges ästhetisches Erlebnis • Ausgeprägter Jahreszeitenwechsel
Flusslandschaft	«Flusslandschaften sind nicht nur durch grössere Fliessgewässer und ihre hydrologischen Einzugsgebiete, sondern vor allem durch die damit verbundene Nutzung und weitere anthropogene Beeinflussung geprägte Kulturlandschaften. Die Siedlungen befinden sich traditionell an erhöhter Lage, um eine Hochwassersicherheit zu erreichen (...). Viele Flusslandschaften wurden vom Menschen stark verändert, um Produktionsflächen und Siedlungsraum zu gewinnen. Das Aufwertungspotenzial der kanalisierten Flusslandschaften ist teilweise sehr hoch.» (Rodewald et al. 2014, S. 45)	<ul style="list-style-type: none"> • Prägung der Landschaft durch ein grösseres Fliessgewässer und der damit verbundenen Nutzung für die Wasserkraftgewinnung • Auenwälder • Vielfältige Ökosysteme • Extensiv genutzte Überflutungsgebiete

Charakteristische Kulturlandschaft	Definition nach Rodewald et al. (2014). Fett markierte Textpassagen sind in der Falllandschaft besonders relevant.	Landschaftsqualitäten Wichtigste Landschaftsqualitäten aus den vier Kategorien «Kultureller Ausdruck», «Natürlicher Ausdruck», «Identifikation und Heimatbildung» und «Erholungs- und Erlebnisleistung» nach Rodewald et al. (2014), die in der Falllandschaft zum Ausdruck kommen
Ländliche Dorf- und Weilerlandschaft	«Ländliche Dorf- und Weilerlandschaften des Mittellandes, des Jura und des Alpenraumes weisen dörfliche, oft in sich klar abgeschlossene Strukturen und regionaltypische Siedlungsformen auf und befinden sich in mittlerer bis grosser Entfernung von städtischen Zentren. Gebäude und Umland sind meist von der landwirtschaftlichen und kleingewerblichen Nutzung geprägt. Einige Regionen weisen relativ starken patrimonialen Charakter auf , andere sind bereits stärkeren Veränderungen unterworfen.» (Rodewald et al. 2014, S. 55)	<ul style="list-style-type: none"> • Historische und nutzungsraumbedingte Siedlungsmuster und Lagetypen • Baukulturelle Vielfalt in der Einheit • Starke Aussenraumprägung • Schutzvorrichtungen gegen Naturgefahren • Persistente Strukturen mit geringem bis mittlerem Veränderungs- und Zersiedelungsgrad • Grosse Strukturvielfalt • Naturnahe Gestaltung der Siedlungsaussenräume • Gärten • Erinnerungsorte • Geschichten und Schilderungen zur Dorfchronik • Lebendiges Brauchtum • Erlebnis der Kohärenz der Siedlungsverteilung in der Landschaft • Attraktive Dorfansichten
Historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert	«In den historischen Kulturlandschaften von baukulturellem Wert werden die Spuren der Siedlungs- und Nutzungsgeschichte zu einem grossen Teil auch mit gezielten pflegerischen Massnahmen aufrechterhalten. Als Erinnerungslandschaften sind sie für die lokale Bevölkerung sehr identitätsprägend. Die kulturellen Zusammenhänge in der Landschaft (Siedlung/Flur) sind deutlich ablesbar. » (Rodewald et al. 2014, S. 75)	<ul style="list-style-type: none"> • Historische Ortsbilder und Bauten • Reicher agrarmorphologischer Formenschatz • Erinnerungslandschaft (ermöglicht ortsbezogenes Erinnern) • Ablesbarkeit der Nutzungsansprüche verschiedener Epochen • Hohe Lebensraum- und Artenvielfalt • Extensive Nutzung • Magerwiesen • Grosse Bedeutung für das Verständnis der lokalen Geschichte • Vielfältige ästhetische Erlebnisse • Grosser Stimmungsgehalt
Terrassenlandschaft	«Terrassenlandschaften sind durch vom Menschen geschaffene, kompakte Terrassenfluren geprägt. Eine Terrassenflur umfasst einen Verband von Terrassen und bildet eine oftmals sehr kompakte, einheitliche Landschaft. » (Rodewald et al. 2014, S. 77)	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassierung zur Landgewinnung • Trockensteinmauern oder Böschungen • Angepasste Bewirtschaftungsformen • Grosse Strukturvielfalt • Vielfältige mikroklimatische Bedingungen • Starke Raumprägung und grosse Persistenz • Beteiligung der Dorfbewölkerung an der Terrassenbewirtschaftung • Topos der gepflegten, kultivierten und monumentalen Kulturlandschaft • Erlebnis der landschaftlichen Kohärenz • Starke Lesbarkeit der landschaftlichen Funktionalität • Vielfältiges ästhetisches Erlebnis

Um die ganze Falllandschaft ganzheitlich in der Klassifizierung abzubilden, wird folgende zusammengesetzte Klassifizierung vorgeschlagen: *Ländliche Dorf- und Weilerlandschaft mit prägender Terrassenlandschaft, Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt, baukulturellem Wert sowie Elementen von Wald- und Flusslandschaften.*

6.2 Storylines Ramosch im Klimawandel

Die Storylines zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in den beiden Varianten «Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität» und «Effektive proaktive Adaptionsaktivität» befinden sich in den beiden folgenden Unterkapiteln. In den Storylines wird auf Interviewzitate (bspw. Interview C) und Wirkungspfade aus dem konzeptionellen Systemmodell (bspw. A009) verwiesen. Auf Anfrage kann das konzeptionelle Systemmodell interessierten Personen gerne zur Verfügung gestellt werden.

6.2.1 Ramosch im Klimawandel I: Storylines für Ramosch bei keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität für das Klimaszenario RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts im Sommer

Mit einer klimatischen Erwärmung um 4 °C und damit verbundenen Adaptionsmassnahmen wird sich die Landschaft in Ramosch im Unterengadin deutlich verändern. Es werden andere Strukturmuster und eine andere Farbpalette sichtbar werden. Zwar wird sich die Region Ramosch schrittweise verändern und daher wird Zeit bleiben, um sich an die neuen landschaftlichen Besonderheiten zu gewöhnen, doch werden die Veränderungen den Charakter der Landschaft und die Möglichkeiten zur persönlichen Identifikation mit der Landschaft prägen. Der nachfolgende Text kann als Spaziergang durch das durchschnittlich rund 4 °C wärmere Ramosch gegen Ende des 21. Jahrhunderts verstanden werden. Bis zu diesem Zeitpunkt wird nicht nur der Klimawandel auf die Landschaft wirken; auch andere Einflüsse können sich massgeblich verändern. Diese werden aber in diesem Text nicht Thema sein. Veränderungen, die im Zuge der Mitigation, sprich der Milderung, der Klimaerwärmung angestossen werden, werden teilweise angesprochen, sind aber nicht der Hauptfokus. In diesem Text wird ein möglicher Zustand der Landschaft beschrieben unter der Annahme, dass sich Politik und Gesellschaft kaum oder nur reaktiv um eine Anpassung an den Klimawandel kümmern.

Ende dieses Jahrhunderts sind die Sommermonate Juni, Juli und August deutlich trockener. Zwar fällt an einem Regentag ähnlich viel Niederschlag wie bisher, aber regenfreie Tage werden häufiger. Die längste Trockenperiode des Sommers ist in der Schweiz Ende des 21. Jahrhunderts durchschnittlich 9 Tagen länger als am Anfang des Jahrhunderts, also rund 20 Tage lang. Trockenperioden, die zwischen 1981 und 2010 durchschnittlich alle 10 Jahre auftraten, kommen Ende des 21. Jahrhunderts in der Schweiz durchschnittlich jedes zweite Jahr vor. In Ramosch fällt in den Sommermonaten durchschnittlich 10 % weniger Regen. Trotz zunehmender Trockenheit sind auch Ende des Jahrhunderts extreme Niederschlagsereignisse problematisch. Der stärkste jährliche Eintagesniederschlag ist in Ramosch durchschnittlich 5 % stärker, während ein sehr seltenes Niederschlagsereignis, das etwa einmal in 100 Jahren vorkommt, durchschnittlich 18 % heftiger ist. Trotz abnehmender Niederschlagssummen im Sommer sind einzelne Regenereignisse somit stärker und können erhebliche Kostenfolgen nach sich ziehen. Gleichzeitig ist die bodennahe Lufttemperatur im Durchschnitt in den Sommermonaten Juni, Juli und August in der Ramosch 4 °C bis 7 °C wärmer als bisher und der heisseste Tag im Jahr ist 3.5 bis 8.5 °C wärmer. Sehr heisse Tage, wie sie 1981-2010 durchschnittlich einmal jährlich auftraten, kommen in Ramosch nun durchschnittlich an 22 Tagen im Jahr vor. (Abschnitt nach NCCS 2018a; NCCS 2018b)

Dorf

Unser Spaziergang beginnt bei der Bushaltestelle in Ramosch. Das Dorf liegt auf rund 1200 m ü. M. etwas oberhalb der Talsohle am Sonnenhang und wird auf beiden Talseiten von 2'800 bis zu 3'300 m hohen Bergen flankiert. Durch das Tal fliesst der Inn. Es ist heiss und hat seit über zwei Wochen nicht mehr geregnet (NCCS 2018b). Wir spazieren durch das Dorfzentrum.

Das Dorf besteht aus vielen einzelnen, kleinen bis mittelgrossen Gebäuden – grössere Mehrfamilienhäuser findet man hier keine. Sowohl im Winter wie auch im Sommer hat der Erholungswert des Unterengadins gelitten. Im Winter fehlt die attraktive Winteratmosphäre, weil häufig kein Schnee liegt und es häufiger regnet als Anfang des Jahrhunderts (NCCS 2018a). Zudem wurde die früher beliebte Langlaufloipe geschlossen, was sowohl für Einheimische wie auch für Tourist:innen eine grosse Enttäuschung war (Interview K). Im Sommer ist es zwar in Ramosch etwas kühler als im

Mittelland, aber es ist trotzdem heiss (NCCS 2018a). Zudem hat die Attraktivität des Unterengadins im Sommer durch die intensivere Sommertrockenheit gelitten, denn die dominante Farbe hat von Grün zu Gelb gewechselt, weil die Vegetation unter der Trockenheit leidet (Interview C). Weiter führt die Trockenheit zu mehr Staubbildung beispielsweise von unbefestigten Wegen und bei landwirtschaftlicher Bodenbearbeitung oder Bautätigkeit, was unangenehm ist (Interview B). Im Dorf wurden kaum neue touristische Angebote geschaffen, die auf die veränderten Bedingungen reagieren und die Attraktivität der Region erhöhen könnten. Daher ging die Anzahl Arbeitsplätze im Dorf leicht zurück. Im Siedlungsgebiet ist es noch wärmer als im umliegenden Gebiet, deshalb sehen wir an vielen Gebäuden die Kästen von Klimaanlage und an heissen Tagen sind die Menschen am liebsten in gekühlten Innenräumen.

Fluss

Wir spazieren am rechten Flussufer dem Inn entlang. Der Inn und seine Zuflüsse werden wasserwirtschaftlich intensiv genutzt und es befinden sich im Einzugsgebiet mehrere Stauseen und Wasserfassungen (Engadiner Kraftwerke AG 2022b; Engadiner Kraftwerke AG 2022a). Flussaufwärts von Ramosch, in Pradella, wird der Inn gefasst, weshalb der Abfluss des Inns in Ramosch stark vom Kraftwerk kontrolliert wird (Engadiner Kraftwerke AG 2022b; Engadiner Kraftwerke AG 2022a).

Dadurch, dass weniger Schnee fällt, Gletscher verschwunden sind und im Sommer häufig längere Trockenperioden auftreten, kommt es im Sommer häufig zu tiefen Pegelständen, die sich negativ auf das Gewässerökosystem auswirken (A023). Da der Energieproduktion eine sehr grosse Bedeutung zugeschrieben wird, darf bei gewissen Bedingungen die eigentlich vorgeschriebene Restwassermenge unterschritten werden. Wegen der anhaltenden Trockenheit ist dies im Moment der Fall. Vielerorts sind die Bewässerungssysteme nicht an die veränderten Bedingungen angepasst, weshalb von Landwirtschaftsbetrieben viele Wasserentnahmesuche für Bewässerungswasser gestellt wurden. Diese wurden bewilligt, um Ernteausfälle zu verhindern (B016 & B051). Deshalb ist der Inn momentan lediglich ein Rinnsal. Am Ufer liegen einige tote Fische, es steigt ein unangenehmer Geruch in die Nase und das Flussgebiet wirkt allgemein wenig belebt (A023). Der Fluss bietet im Moment keinen attraktiven Erholungsraum, weshalb wir auf unserem Spaziergang am Fluss kaum anderen Leuten begegnen.

Aber nicht nur die Spuren von Trockenheit, sondern auch diejenige von Hochwasser sind sichtbar. Die Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen hat zugenommen (A020). Zudem fällt heutzutage mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee und fliesst somit direkt ab. Dies hat die Hochwassersaison in alpinen Einzugsgebieten verlängert und im Frühsommer ist das Risiko einer Überlagerung von Schneeschmelze im Hochgebirge und intensiven Niederschlägen erhöht (A019, A020). Insgesamt führt dies zu häufigeren Hochwasserereignissen und in Gebirgsflüssen wurden Erosion und Materialumlagerungen verstärkt (A017 & A020). Weiter haben die Abnahme des Gletschervolumens und der Permafrostrückzug im Hochgebirge zu einer höheren Sedimentverfügbarkeit geführt (A017). Die häufigeren Hochwasserereignisse und die höhere Sedimentverfügbarkeit haben zu einer Zunahme von Murgangereignissen in Wildbächen beigetragen (A017). Der erhöhte Sedimenteintrag aus den umliegenden Wildbächen, beispielsweise aus Brancla und Assa, hat zu sichtbaren Sedimentablagerungen im Gerinne des Inns geführt und bei der Mündung der Brancla wurde der Flusslauf durch Geschiebeablagerungen um mehrere Meter nach orografisch rechts verschoben (A009). Es kam auch schon vor, dass die Kiesablagerungen zu einer Stauung des Inns und in der Folge zu überschwemmtem Kulturland führten (Interviews K & L). Das Kieswerk etwas weiter flussabwärts profitiert vom erhöhten Sedimenteintrag. Wir blicken hinauf zu den Geröllflächen am Hang im Wald rechts des Inns. Bei vergangenen Starkniederschlagsereignissen bei bereits nassen Böden kam es hier bereits mehrmals zu grösseren Geschiebemobilisierungen, weshalb die mit Schutt bedeckten Flächen grösser wurden und der Wald stellenweise beschädigt wurde (A019, A020 & A045). Von diesen Ereignissen ist zwar nur der Veloweg direkt bedroht, aber trotzdem braucht es ein dauerhaftes Monitoring der Situation, damit keine Personen zu Schaden kommen. Entlang des Flusses begegnen uns immer wieder Stellen, die von einer pink blühenden Pflanze bewachsen sind. Die Farbtupfer sehen zwar schön aus, sind aber problematisch, weil die Pflanze stark invasiv und durch die klimatischen Veränderungen besser an die aktuellen Bedingungen angepasst ist als andere einheimische Arten. Die

Behörden haben daher Massnahmen ergriffen, um die weitere Verbreitung der Pflanze zu hemmen (A049 & B061).

Landwirtschaft

Wir überqueren den Inn und folgen dem Wanderweg zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen in der relativ flachen Talsohle. Viel mehr Wiesen- und Weidestandorte müssen heute bewässert werden und dies regelmässiger und intensiver (A027). Ohne Bewässerung verbrennen die Wiesen und die Ernte fällt so klein aus, dass sie nicht mehr rentabel ist (Interview I). Es gibt kaum effektive, regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung und die Bewässerungsinfrastruktur wurde nicht genügend unterhalten, beziehungsweise nicht auf die veränderte Wasserverfügbarkeit angepasst. Zudem hat die Trinkwasserversorgung stets Priorität und auch diese erlebt in den trockenen Sommermonaten immer wieder Knappheitssituationen. Deshalb können bei weitem nicht alle bewässerungsbedürftigen Weiden, Wiesen und Kulturen bewässert werden (A014, B016 & B051). Viele Wiesen sind folglich trocken und gelb und weisen klare Zeichen der Versteppung auf, also trockene vegetationslose Stellen mit Staubbildung. An diesen Stellen haben Wind und Wasser den Oberboden stark erodiert und die Nährstoffe wurden grösstenteils ausgewaschen (A071). Die wenigen Wiesen, die noch bewässert werden können, stechen durch ihre saftig grüne Farbe deutlich hervor. Wegen Problemen mit der Trockenheit und damit verbundenen Ernteausfällen wurden viele Betriebe aufgegeben und der Stellenwert der Landwirtschaft hat sich in der Region minimiert. Wir setzen unseren Weg den Hang hinauf zur Motata fort. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die als Landschaft nationaler Bedeutung gilt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Wegen diesem Status unterliegen die Ackerterrassen mehreren Schutzziele (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Inzwischen fehlen aber die nötigen Landwirtschaftsbetriebe für deren Pflege, weshalb immer mehr Büsche und Bäume auf den Ackerterrassen zu finden und die Terrassen in der Landschaft nicht mehr gut sichtbar sind. Auf der unbewirtschafteten Wiese sind viele trockenheitsliebende Arten zu sehen, die auf bewässerten Wiesen keine Chance haben, was für die Biodiversität positiv ist. Jedoch hat die Verbuschung dieser Flächen bereits eingesetzt.

Wald

Von der Motata setzen wir unseren Weg in Richtung des Waldes oberhalb des Dorfes fort. Im Wald angekommen geniessen wir den Schatten, denn inzwischen brennt die Nachmittagssonne heiss. Wir folgen dem Wanderweg weiter in den Wald hinein. Der Wald ist ein Schutzwald und soll die Siedlung und die Infrastruktur vor verschiedenen Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag oder Rutschung schützen. In der Gemeinde steht die Schutzfunktion der Wälder vor wirtschaftlichem Ertrag an bedeutendster Stelle (Interview L). Während Anfang des 21. Jahrhunderts die Lawinenschutzfunktion in subalpinen Wäldern noch zentral war, hat diese Funktion an Bedeutung verloren, weil weniger Schnee fällt und folglich die Anzahl kritische Tage für im Wald anreissende Lawinen abgenommen hat (A001). Hingegen hat der durch den Klimawandel ausgelöste Rückzug des Permafrosts das Risiko für Murgänge erhöht (A017). Zudem sorgen die höheren Temperaturen und steigenden Schneefallgrenzen dafür, dass mehr Niederschlag in Form von Regen anstelle von Schnee fällt, was zu einem vergrösserten Risiko für flachgründige Rutschungen, Hangmuren und Bodenerosion führt (A045). Deshalb muss die Schutzfunktion des Walds gegenüber Murgängen, Rutschungen und Erosion verstärkt werden (B069).

Beim Durchqueren des Waldes fallen immer wieder grössere Flächen ohne Bäume auf. Der Wald ist zwar auch hier grün, weil Sträucher und Jungbäume den Boden bedecken, aber die ausgewachsenen Bäume fehlen vollständig und der Wald wirkt eher wie eine Buschfläche. Weil die schattenspendenden Bäume fehlen, ist es hier wärmer als im Rest des Waldes (A036 & A031). Auch dort wo der Wald gesund und grundsätzlich vertraut aussieht, fallen immer wieder Einzelbäume auf, die ungesund wirken. Die steigende Mortalität von Waldbäumen scheint besonders Fichten zu betreffen (A031). Fichten sind seit langer Zeit eine der Hauptbaumarten in diesem Wald. Sie sind aber besonders anfällig für Trockenheit, und da wir uns an einem trockenheitslimitierten Standort befinden, sieht der Wald insgesamt ungesund aus und leidet unter einem Absterben der Hauptbaumarten, weil man es in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts versäumt hat, die Hauptbaumarten durch hitze- und trockenheitsbeständige Arten zu ersetzen (A034 & B008). Gesunde Bäume sind im Wald trotzdem noch vorhanden. Es sind vor allem Laubbäume, Föhren, Tannen und die für die Region charakteristischen Lärchen, die noch gedeihen (Interview L). Wir dringen weiter in den Wald vor und erreichen an einer

exponierten Hanglage ein grosses Stück Wald, das kürzlich wegen starkem Schädlingsbefall grösstenteils gerodet werden musste, um einen Befall der restlichen Waldfläche möglichst zu verhindern (A036 & Interview L). Verschiedene Schädlinge profitieren von den wärmeren Temperaturen (A036). Die Aufräumarbeiten sind noch nicht abgeschlossen und wir können deshalb nicht den ursprünglich geplanten Weg nehmen, sondern müssen einen Umweg gehen. Auch die Alternativroute ist unwegsam, weil sie durch ein Rutschgebiet führt. Hier stehen die Bäume schief, der Boden ist von grossen Unebenheiten und Rissen übersät und der Weg wurde durch die Rutschung teilweise um rund einen halben Meter versetzt, was zu grösseren Stufen führt (A045). Da der Wald kahler und stellenweise massiv beschädigt ist, ist die Schutzwirkung des Waldes stark beeinträchtigt, weshalb solche Ereignisse häufiger auftreten (A038). Wir kommen an einer Stelle vorbei, an der dieser verminderten Schutzwirkung mit aufwändigen Konstruktionen aus Holz, die vor Rutschungen schützen sollen, begegnet wird (B045).

Aussicht

Wir kommen aus dem Wald hinaus und erreichen die Strasse Richtung Vnà, die uns eine schöne Rundumsicht auf Ramosch, den Terrassenhang, den Inn sowie die umliegenden Berge erlaubt. Am Hang des Piz Ajüz sehen wir, dass sich die Waldgrenze in den letzten hundert Jahren deutlich nach oben verschoben hat, weil Wachstumslimitierungen durch Kälte abgenommen haben (A032 & Interview L). Eine solche Verschiebung der Waldgrenze beginnt mit der Ausbreitung von Dornsträuchern, dann von Büschen und letztlich beginnen Bäume zu wachsen (Interview L). Der Wald hat folglich an vielen Orten im Unterengadin an Fläche zugenommen und die alpine Fläche ist kleiner geworden (A032 & A057). Wir sehen aber auch einen Wald, von dem etwa die halbe Fläche niedergebrannt ist (A036). Es ist eine schwarze Fläche mit einzelnen emporragenden, verkohlten Baumstämmen zu sehen. Die Fläche ist durch die fehlende Bewaldung besonders anfällig für Erosion, was das Risiko für oberflächliche Rutschungen und Murgänge erhöht (A036).

Die Waldbrandgefahr ist auch diesen Sommer durch die anhaltende Trockenheit in weiten Teilen der Schweiz sehr hoch und fast überall herrscht ein Feuerverbot. Obwohl die Forstbetriebe die Waldstruktur so gestalten, dass das Feuerrisiko sinkt und brennbares Astmaterial zügig abführen oder zerkleinern, damit es rasch abgebaut wird, kommt es durch ungünstige Windverhältnisse und menschliches Fehlverhalten immer wieder zu Waldbränden, deren Spuren in der Landschaft über mehrere Jahre hinweg sichtbar sind und Einbussen der Schutzfunktion des Waldes mit sich bringen (B042 & A036). Am gegenüberliegenden Hang sehen wir eine Fläche, die in Brand steht. Der Rauch wird zu uns hinübergeblasen und unsere Lungen fühlen sich gereizt. Die Löscharbeiten gestalten sich schwierig, weil die Löschhelikopter das Wasser über weite Distanzen transportieren müssen, da im Dorf keine geeignete Entnahmestelle existiert. Hoch oben bei den Gipfeln sind Spuren der Permafrostdegradation sichtbar. Diese hat zu Instabilitäten an den Hängen geführt, weshalb es zu mehreren Sturzereignissen kam, die sichtbare Spuren in der Landschaft hinterlassen haben (A016).

Wir spazieren die Strasse hinab ins Dorf und warten dort auf den nächsten Bus, der uns nach Hause fährt.

6.2.2 Ramosch im Klimawandel II: Storylines für Ramosch Ende bei effektiver proaktiver Adaptionsaktivität für das Klimaszenario RCP 8.5 Ende des 21. Jahrhunderts im Sommer

Mit einer klimatischen Erwärmung um 4 °C und damit verbundenen Adaptionsmassnahmen wird sich die Landschaft in Ramosch im Unterengadin deutlich verändern. Es werden andere Strukturmuster und eine andere Farbpalette sichtbar werden. Zwar wird sich die Region Ramosch schrittweise verändern und daher wird Zeit bleiben, um sich an die neuen landschaftlichen Besonderheiten zu gewöhnen, doch werden die Veränderungen den Charakter der Landschaft und die Möglichkeiten zur persönlichen Identifikation mit der Landschaft prägen. Der nachfolgende Text kann als Spaziergang durch das durchschnittlich rund 4 °C wärmere Ramosch gegen Ende des 21. Jahrhunderts verstanden werden. Bis zu diesem Zeitpunkt wird nicht nur der Klimawandel auf die Landschaft wirken; auch andere Einflüsse können sich massgeblich verändern. Diese werden aber in diesem Text nicht Thema sein. Veränderungen, die im Zuge der Mitigation, sprich der Milderung, der Klimaerwärmung angestossen

werden, werden teilweise angesprochen, sind aber nicht der Hauptfokus. In diesem Text wird ein möglicher Zustand der Landschaft beschrieben unter der Annahme, dass sich Politik und Gesellschaft vorausschauend an den Klimawandel angepasst haben.

Ende dieses Jahrhunderts sind die Sommermonate Juni, Juli und August deutlich trockener. Zwar fällt an einem Regentag ähnlich viel Niederschlag wie bisher, aber regenfreie Tage werden häufiger. Die längste Trockenperiode des Sommers ist in der Schweiz Ende des 21. Jahrhunderts durchschnittlich 9 Tagen länger als am Anfang des Jahrhunderts, also rund 20 Tage lang. Trockenperioden, die zwischen 1981 und 2010 durchschnittlich alle 10 Jahre auftraten, kommen Ende des 21. Jahrhunderts in der Schweiz durchschnittlich jedes zweite Jahr vor. In Ramosch fällt in den Sommermonaten durchschnittlich 10 % weniger Regen. Trotz zunehmender Trockenheit sind auch Ende des Jahrhunderts extreme Niederschlagsereignisse problematisch. Der stärkste jährliche Eintagesniederschlag ist in Ramosch durchschnittlich 5 % stärker, während ein sehr seltenes Niederschlagsereignis, das etwa einmal in 100 Jahren vorkommt, durchschnittlich 18 % heftiger ist. Trotz abnehmender Niederschlagssummen im Sommer sind einzelne Regenereignisse somit stärker und können erhebliche Kostenfolgen nach sich ziehen. Gleichzeitig ist die bodennahe Lufttemperatur im Durchschnitt in den Sommermonaten Juni, Juli und August in der Ramosch 4 °C bis 7 °C wärmer als bisher und der heisseste Tag im Jahr ist 3.5 bis 8.5 °C wärmer. Sehr heisse Tage, wie sie 1981-2010 durchschnittlich einmal jährlich auftraten, kommen in Ramosch nun durchschnittlich an 22 Tagen im Jahr vor. (Abschnitt nach NCCS 2018a; NCCS 2018b)

Dorf

Unser Spaziergang beginnt bei der Bushaltestelle in Ramosch. Das Dorf liegt auf rund 1200 m ü. M. etwas oberhalb der Talsohle am Sonnenhang und wird auf beiden Talseiten von 2'800 bis zu 3'300 m hohen Bergen flankiert. Durch das Tal fliesst der Inn. Es ist heiss und hat seit über zwei Wochen nicht mehr geregnet (NCCS 2018b). Wir spazieren durch das Dorfzentrum.

Das Dorf besteht aus vielen einzelnen, kleinen bis mittelgrossen Gebäuden – grössere Mehrfamilienhäuser findet man hier keine. Die Gebäude haben kein einheitliches Erscheinungsbild. Zum einen kommen wir an historischen, meist dreigeschossigen und hellen Steinhäusern mit relativ flachen Dächern vorbei. Die neueren Gebäude sind ebenfalls eher in helleren Farben gehalten, damit sie im Sommer kühler bleiben (B021). Zudem sind sie häufig mit begrünten Flachdächern und Balkonen versehen, weil die Begrünung bei Hitze kühlend wirkt (A001 & B021). Viele Gebäude haben Solarpanels auf ihren Dächern. Die allermeisten Gebäude sind von einem Garten umgeben. Obwohl zeitenweise starker Konkurrenzdruck von anderen Nutzungsmöglichkeiten für diese Gartenflächen bestand, konnten sie als solche erhalten bleiben (Interview K). In den Gärten stehen häufiger als in den zwanziger Jahren schattenspendende Bäume und Büsche, denn die Menschen versuchen ihre Gärten möglichst als kühle Oasen zu gestalten (B036). Ab und zu kommen wir an grösseren Wiesen mit Obstbäumen innerhalb des Dorfes vorbei. Diese lichte Dorfstruktur mit vielen Grünflächen macht die Hitze erträglich und bietet den Menschen ein angenehmes Wohn- und Arbeitsklima (B021). Das Dorf gewinnt einen Teil seiner Einnahmen aus dem Tourismus, dem Gastgewerbe und durch Personen, die in Ramosch eine Zweitwohnung besitzen (Interview K). Es wird auf ein diverses touristisches Angebot gesetzt, das für jede Saison eine passende Aktivität zu bieten hat, auch wenn im Winter häufig kein Schnee mehr fällt und die früher sehr beliebten Langlaufloipen nicht mehr betrieben werden (A001, A087, B023 & B024). Die Schliessung der Loipen war für viele Dorfbewohner:innen sehr enttäuschend, weil der Wintersport ein wichtiger Bestandteil des lokalen Lebens war (Interview K). Insbesondere der Sommertourismus hat in der Region profitiert, weil die Menschen während den Hitzeperioden in den vergleichsweise kühleren Berggebieten die Sommerfrische suchen und aus den von Hitze geplagten Städten entkommen möchten (A040, A088 & B026). Wir kommen am Dorfrand an einem touristisch genutzten traditionellen Haus vorbei. Oberhalb des Hauses wurde ein üppiger Kräuter- und Blumengarten angelegt, in dem eine Familie in einem Ferienkurs die Verwendung von Kräutern zur Herstellung einer eigenen Teemischung erlernt (B024). Solche Angebote sind typisch für diese Region, denn es wird primär auf familiäre und lokale Angebote und kaum auf Massentourismus gesetzt. In der Landschaft sind folglich keine grossen Tourismusanlagen sichtbar und die bestehenden Angebote fügen sich unauffällig in die Dorfstrukturen ein. Wir spazieren in Richtung Inn und erreichen einen Zeltplatz, der in den zwanzigdreissiger Jahren errichtet wurde und über die Jahre hinweg stetig wuchs, um mit der

steigenden Nachfrage mithalten zu können. Weil aber während diesem Ausbau auch viele neue Bäume gepflanzt wurden, um die Beschattung der Parzellen sicherzustellen, ist der Zeltplatz vom Dorf her nicht gut sichtbar (A088 & B024).

Fluss

Wir spazieren am rechten Flussufer dem Inn entlang. Der Inn und seine Zuflüsse werden wasserwirtschaftlich intensiv genutzt und es befinden sich im Einzugsgebiet mehrere Stauseen und Wasserfassungen (Engadiner Kraftwerke AG 2022b; Engadiner Kraftwerke AG 2022a). Flussaufwärts von Ramosch, in Pradella, wird der Inn gefasst, weshalb der Abfluss des Inns in Ramosch stark vom Kraftwerk kontrolliert wird (Engadiner Kraftwerke AG 2022b; Engadiner Kraftwerke AG 2022a).

Dadurch, dass weniger Schnee fällt, Gletscher verschwunden sind und im Sommer häufig längere Trockenperioden auftreten, kommt es im Sommer häufig zu tiefen Pegelständen. Diese wirken sich negativ auf die Energieproduktion aus, weil sie unter Gewährleistung einer ausreichenden Restwassermenge nicht aufrechterhalten werden kann (A014, A039 & A081). Unser Weg führt uns weiter durch die alpine Auenlandschaft des Inns, die durch offene Kiesbänke, Weidengebüsche und montane Grauerlenwäldern geprägt ist (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Der Fluss hat genügend Platz und bahnt sich seinen kurvigen und in mehrere Arme verzweigten Weg durch die Sedimentablagerungen. Die bewaldete Auenfläche spendet Schatten und hilft die Gewässertemperatur kühler zu halten, was für gewisse Arten und das Gewässerökosystem als Ganzes überlebenswichtig ist (A023, B020 & Interview D). Zudem finden in der Auenfläche viele Tiere Unterschlupfmöglichkeiten und eine geeignete Nische zum Überleben (Interview D). Es sind Vogelstimmen und das Rascheln von Tieren hörbar. Die sommerliche Trockenheit ist deutlich sichtbar. Der Fluss führt wenig Wasser und der tiefe Wasserstand lässt den Fluss eher wie ein Bach aussehen. Am Rande des Flusses ist die offene Flusssohle sichtbar (A014 & A039). Die Trockenheit setzt auch der Auenfläche zu (A046). Bei Niedrigwasser ist rechtlich klar geregelt, wer dem Gewässer wie viel Wasser für verschiedene Zwecke, beispielsweise für die landwirtschaftliche Bewässerung, entnehmen darf. Es kann nämlich vorkommen, dass nicht alle Wassernutzungsbedürfnisse gedeckt werden können, weshalb eine Priorisierung nötig ist (B016 & A039).

Aber nicht nur die Spuren von Trockenheit, sondern auch diejenige von Hochwasser sind sichtbar. Die Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen hat zugenommen (A020). Zudem fällt heutzutage mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee und fließt somit direkt ab. Dies hat die Hochwassersaison in alpinen Einzugsgebieten verlängert und im Frühsommer ist das Risiko einer Überlagerung von Schneeschmelze im Hochgebirge und intensiven Niederschlägen erhöht (A019 & A020). Insgesamt führt dies zu häufigeren Hochwasserereignissen und in Gebirgsflüssen wurden Erosion und Materialumlagerungen verstärkt (A017 & A020). Weiter haben die Abnahme des Gletschervolumens und der Permafrostrückzug im Hochgebirge zu einer höheren Sedimentverfügbarkeit geführt (A017). Die häufigeren Hochwasserereignisse und die höhere Sedimentverfügbarkeit haben zu einer Zunahme von Murgangereignissen in Wildbächen beigetragen (A017). Der erhöhte Sedimenteintrag aus den umliegenden Wildbächen, beispielsweise aus Brancla und Assa, hat zu sichtbaren Sedimentablagerungen im Gerinne des Inns geführt und bei der Mündung der Brancla wurde der Flusslauf durch Geschiebeablagerungen um mehrere Meter nach orografisch rechts verschoben (A009). Es kam auch schon vor, dass die Kiesablagerungen zu einer Stauung des Inns und in der Folge zu überschwemmtem Kulturland führten (Interviews K & L). Das breite Bachbett mit der Auenfläche wirkt sich positiv auf das Risiko von Hochwasser- und Murgangschäden aus, weil der Inn genügend Platz hat (B020). Das Kieswerk etwas weiter flussabwärts profitiert vom erhöhten Sedimenteintrag.

Wir kommen an mehreren Familien und Gruppen vorbei, die am Flussufer grillieren und sich teilweise im Gewässer abkühlen. Dank stark verbesserten Hochwasserüberwachungs- und Frühwarnsystemen sowie Notfallkonzepten kann das Flussufer von den Tourist:innen und Dorfbewohnenden als Erholungsraum mit willkommenen Abkühlungsmöglichkeiten genutzt werden (B053, B054, B064 & B030). Wir blicken hinauf zu den Geröllflächen am Hang im Wald rechts des Inns. Bei vergangenen Starkniederschlagsereignissen bei bereits nassen Böden kam es hier bereits mehrmals zu grösseren Geschiebemobilisierungen, weshalb die mit Schutt bedeckten Flächen grösser wurden und der Wald

stellenweise beschädigt wurde (A019, A020 & A045). Von diesen Ereignissen ist zwar nur der Veloweg direkt bedroht, aber trotzdem braucht es ein dauerhaftes Monitoring der Situation, damit keine Personen zu Schaden kommen. Entlang des Flusses begegnen uns immer wieder Stellen, die von einer pink blühenden Pflanze bewachsen sind. Die Farbtupfer sehen zwar schön aus, sind aber problematisch, weil die Pflanze stark invasiv und durch die klimatischen Veränderungen besser an die aktuellen Bedingungen angepasst ist als andere einheimische Arten. Die Behörden haben daher Massnahmen ergriffen, um die weitere Verbreitung der Pflanze zu hemmen (A049 & B061).

Landwirtschaft

Wir überqueren den Inn und folgen dem Wanderweg zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen in der relativ flachen Talsohle.

Variante 1 – Fokus auf Wiesenbewirtschaftung: Der Wanderweg führt an bewässerten Wiesen vorbei, die zur Futterproduktion genutzt werden. Die Klimaerwärmung, die kürzere oder teilweise nicht mehr vorhandene Schneebedeckung sowie eine verlängerte Vegetationsperiode ermöglichen in vielen Jahren eine intensivere Nutzung mit mehr Schnitten als Anfang des 21. Jahrhunderts (A001 & A052). Da die Tierhaltung und Futterproduktion im Mittelland durch die grössere Hitzebelastung und den zunehmenden Trockenheitsstress schwieriger geworden ist, hat die Futtermittelproduktion und Tierhaltung im alpinen Gebiet an Bedeutung gewonnen (A042 & A073). Jedoch ist die Produktion in vielerlei Hinsicht auch hier aufwändiger geworden. Die Schüttung vieler Quellen ist in den Sommermonaten zurückgegangen, weil das Wasser von der Schneeschmelze fehlt (Interviews H, J & L). Viel mehr Wiesenstandorte müssen heute regelmässiger und intensiver bewässert werden und die Bewässerungsinfrastruktur und Wasserverteilnetzwerke mussten entsprechend angepasst werden (A027 & B017). Die bewässerten Flächen erscheinen in frischem saftigem Grün und die Bewässerung stellt sicher, dass genügend Futter für die Tiere bereitsteht (B017).

Wir kommen an einer Wiese vorbei, die nicht mehr landwirtschaftlich genutzt wird. Die Nutzung von Wiesen, die nicht über Bewässerungsinfrastruktur verfügen, weil das Wasser nicht für alle Bedürfnisse ausreicht, wurde aufgegeben, während die bewässerten Flächen intensiver genutzt werden. Auf der unbewirtschafteten Wiese sind viele trockenheitsliebende Arten zu sehen, die auf bewässerten Wiesen keine Chance haben, was für die Biodiversität positiv ist, jedoch hat die Verbuschung dieser Flächen bereits eingesetzt. Es gibt regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung, die eine faire Verteilung des verfügbaren Wassers anstreben (B017). Trotzdem kommt es in extremen Trockenjahren immer wieder zu Konfliktsituationen, weil nicht genügend Wasser zur Deckung aller Bedürfnisse, wie Trinkwasser, Energieproduktion und Bewässerung, vorhanden ist (Interviews H, J & L). Deswegen kam es letztes Jahr deswegen zu grossen Ernteeinbussen und zu Engpässen bei der Futterproduktion. Das fehlende Futter musste zu hohen Preisen zugekauft werden.

Wir erreichen einen Stall, der derzeit leer ist, weil das Vieh auf der Alp weidet. Oftmals sind in einem Jahr nicht alle Höhenstufen gleich stark von den Wetterextremen, wie etwa Trockenheit, ausgesetzt, daher bietet die Alpwirtschaft den Landwirt:innen eine gewisse Resilienz (Interview I). Jedoch leidet auch die Alpwirtschaft unter der verringerten sommerlichen Schüttung der Quellen und teilweise kann nicht alles Vieh auf den Alpen gehalten werden, weil zu wenig Wasser für die Tränkung der Tiere zur Verfügung steht (Interviews H, I, J & L). Wir spazieren den Hang zur Motata hinauf. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die durch Hecken reichlich strukturiert ist. Die Terrassen werden, ähnlich wie in den zwanzigzwanziger Jahren, als extensive bis mittel-intensive Mähwiesen genutzt (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Zwar ist diese Nutzung arbeitsintensiv, wegen der gesteigerten Bedeutung der alpinen Regionen für Tierhaltung und Futterproduktion sowie dank staatlichen Beiträgen für die Pflege einer BLN-Fläche (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) macht die Nutzung für die Landwirt:innen jedoch Sinn.

Variante 2 – Diversifizierung der Landwirtschaft: Der Wanderweg führt durch ein Mosaik von bewässerten Wiesen und Feldern. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts bis Mitte des 21. Jahrhunderts wurde im Unterengadin nur auf sehr wenigen Flächen Ackerbau betrieben und die landwirtschaftliche Nutzung beschränkte sich grösstenteils auf den Futterbau und die Viehhaltung (Schweizerische Eidgenossenschaft 2017). Ab Mitte des 21. Jahrhunderts erlebte der Ackerbau in der Region einen erneuten Aufschwung. Dieser Aufschwung lässt sich einerseits mit den verbesserten Bedingungen für Ackerbau vor Ort, eine Abnahme der Schneebedeckungsdauer und der Frostschäden sowie höhere Mitteltemperaturen und einer längeren Vegetationsperiode begründen (A001, A052 & A054). Andererseits spielten die durch die intensivierete sommerliche Wasserknappheit und den zunehmenden Hitzestress verursachten Ernteeinbussen eine Rolle, welche die ganze Schweiz, aber ganz besonders das Mittelland betreffen (A068 & A041). Die Standorteignung gewisser Kulturen hat sich verändert und deren Anbau wurde im Mittelland aufwändiger – hier im Alpenraum finden sie vergleichsweise gute Bedingungen (B032). Wir spazieren an einem Roggenfeld, einem Kartoffelfeld und einer Wiese vorbei. Für den Getreideanbau werden trockenheitsresistente Sorten verwendet (Interview I). Viel mehr Kulturen müssen heute regelmässiger und intensiver bewässert werden. Daher mussten die Bewässerungsinfrastruktur und Wasserverteilnetzwerke entsprechend angepasst werden (A027, & B017). Es gibt regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung, die eine faire Verteilung des verfügbaren Wassers anstreben (B017). Trotzdem kommt es in extremen Trockenjahren immer wieder zu Konfliktsituationen, weil nicht genügend Wasser für die Deckung aller Bedürfnisse, wie Trinkwasser, Energieproduktion und Bewässerung, vorhanden ist (Interviews H, J & L). Deswegen kam es letztes Jahr deswegen zu grossen Ernteeinbussen und zu Engpässen bei der Futterproduktion. Obwohl es dieses Jahr auch trocken ist, reicht das Wasser aktuell noch für eine Bewässerung derjenigen Kulturen, die Bewässerung brauchen.

Beim Spaziergang durch die Agrarlandschaft fällt auf, dass zwischen den unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen mehr Hecken, Bäume und Blühstreifen stehen, die zwecks Windschutzes, Schatten, Förderung von Nützlingen und Biodiversität errichtet wurden (B034). Viele Schädlinge profitieren von den wärmeren Bedingungen und neue Schadorganismen konnten inzwischen über den Alpenkamm einwandern (A051). Die Schadorganismen können beträchtliche Schäden anrichten, weshalb der Schädlingsschutz in der Landwirtschaft an Bedeutung gewonnen hat. (A051). Um nicht immer mehr Pflanzenschutzmittel einsetzen zu müssen, sind Blühstreifen und Landschaftselemente zur Förderung von Nützlingen wichtig geworden (B025 & B034). Wir erreichen ein Feld, das anders aussieht als die vorherigen. Hier wird Agroforestry betrieben, eine alternative Anbaumethode, die den Anbau von Feldfrüchten oder Gemüse mit Bäumen verbindet. Im Feld vor uns wächst Getreide unter dem Schatten von Nussbäumen. Die Nussbäume spenden dem Getreide Schatten und halten die Feuchtigkeit zurück. So sind die Kulturen besser gegen Trockenheit gewappnet und die Nüsse können zusätzlich geerntet und verkauft werden (B029 & Interview G). Die Bäume sehen in der Landschaft attraktiv aus (Interview C). Am Rand des nächsten Feldes stehen Bienenstöcke. Verschiedene Landwirtschaftsbetriebe sind den veränderten klimatischen Bedingungen mit unterschiedlichen Strategien begegnet, was einerseits zu einer diversifizierten Landschaft geführt und andererseits die Resilienz der gesamten landwirtschaftlichen Produktion gegenüber Störungen erhöht hat (Interview G).

Wir spazieren den Hang zur Motata hinauf. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die durch Hecken reichlich strukturiert ist. Die Terrassen werden im Vergleich zum Anfang des 21. Jahrhunderts intensivier genutzt und einige traditionelle Bewässerungskanäle, die zerfallen waren, wurden wieder in Betrieb genommen. Die Terrassen werden zum einen als Mähwiesen genutzt. Denn obwohl die Alpweiden als Futterquelle an Bedeutung gewonnen haben und eine längere Alpungsdauer möglich ist, muss das Futter kompensiert werden, das durch die ackerbauliche Nutzung der Talflächen nicht mehr produziert werden kann (A073 & A074). Zum anderen findet auf einigen Terrassen Getreideanbau statt (B032). Diejenigen Terrassen, die für den Getreideanbau genutzt werden, wurden zur besseren Befahrbarkeit verbreitert. Dies war dank einer Anpassung der Schutzauflagen und an den

weniger steilen Stellen möglich (Interview I). Um eine intensivierete Nutzung der Terrassenflächen zu ermöglichen, wurde das Gebiet durch mehr Strassen erschlossen.

Nebst der Trockenheit können auch Starkniederschlagsereignisse Schäden anrichten (A071). Zum Schutz vor Oberflächenerosion durch Starkniederschläge werden Felder in Hügellagen so selten wie möglich von Vegetation unbedeckt gelassen und bei der Bodenbearbeitung wird der Niederschlag stets mitgedacht (Interview J).

Wald

Von der Motata setzen wir unseren Weg in Richtung des Waldes oberhalb des Dorfes fort. Im Wald angekommen geniessen wir den Schatten, denn inzwischen brennt die Nachmittagssonne heiss. Wir folgen dem Wanderweg weiter in den Wald hinein. Der Wald ist ein Schutzwald und soll die Siedlung und die Infrastruktur vor verschiedenen Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag oder Rutschung schützen. In der Gemeinde steht die Schutzfunktion der Wälder vor wirtschaftlichem Ertrag an bedeutendster Stelle (Interview L). Während Anfang des 21. Jahrhunderts die Lawinenschutzfunktion in subalpinen Wäldern noch zentral war, hat diese Funktion an Bedeutung verloren, weil weniger Schnee fällt und folglich die Anzahl kritische Tage für im Wald anreissende Lawinen abgenommen hat (A001). Hingegen hat der durch den Klimawandel ausgelöste Rückzug des Permafrosts das Risiko für Murgänge erhöht (A017). Zudem sorgen die höheren Temperaturen und die steigenden Schneefallgrenzen dafür, dass mehr Niederschlag in Form von Regen anstelle von Schnee fällt, was zu einem vergrösserten Risiko für flachgründige Rutschungen, Hangmuren und Bodenerosion führt (A045). Deshalb muss die Schutzfunktion des Walds gegenüber Murgängen, Rutschungen und Erosion verstärkt werden (B069).

Der Wald, in dem wir den Hang hinauf wandern, sieht auf den ersten Blick so aus, als hätte er sich durch den Klimawandel nicht besonders verändert. Wir sehen vereinzelt Bäume, die ungesund wirken oder gar abgestorben sind (A031); im Gesamtbild wirkt der Wald jedoch dicht und gesund. Beim genauen Hinschauen fällt auf, dass sich die Zusammensetzung der Baumarten verändert hat. So sind im Wald beispielsweise weniger Fichten und mehr Tannen, Lärchen und Laubbäume zu finden (B008, Interview L). Diese Bäume sind gegenüber den längeren Trockenperioden resilienter. Der höhere Laubholzanteil ist farblich deutlich erkennbar, zumal der Wald im Frühling und Sommer in helleren Grüntönen erscheint, Ende Herbst die Blätter verliert und im Winter so teilweise braun wird (Interview A). Der Baumartenwechsel konnte stattfinden, weil entsprechende Pflegemassnahmen im Wald durchgeführt wurden, um diejenigen Baumarten bereits vor einigen Jahrzehnten zu fördern, die dem heutigen Klima und insbesondere den häufiger auftretenden Trockenperioden gut angepasst sind (B008). Zudem findet man im Wald weniger grosse alte Bäume, weil diese störungsanfälliger sind (B014). Die Pflege von alpinem Schutzwald muss sehr genau auf die Bedingungen des jeweiligen Standorts abgestimmt sein, um bestmöglich auf die klimatischen Bedingungen und die Schutzansprüche angepasst zu sein (B008). Wir kommen an einem Stück Wald vorbei, das eingezäunt ist. Der Zaun dient der Abwehr von Wildhuftieren, die schwere Verbissschäden anrichten können. Im umzäunten Gebiet wurden junge Bäume, die sonst keine Chance hätten und die gut an das heutige Klima angepasst sind, gepflanzt (Interview A). Umzäunungen werden vor allem dort angewendet, wo die Naturverjüngung zu wenig schnell zum nötigen Baumartenwechsel führt (Interview L). Die eingezäunten Flächen werden häufig bewässert (Interview L). Eine Umzäunung ist zwar effektiv, aber auch sehr teuer und kann deshalb bei weitem nicht flächendeckend angewendet werden (Interviews A & L). Das umzäunte Stück Wald vor uns wurde vorgängig gerodet, weil es von Borkenkäfern befallen war. Nun wird es neu aufgeforstet. Borkenkäfer und andere Schädlinge profitieren von den höheren Temperaturen (A036). Mit regelmässigen Kontrollen wird sichergestellt, dass ein Schädlingsbefall wie dieser frühestmöglich erkannt und ausgebremst werden kann, was zur Gesundheit des Waldes insgesamt beiträgt (B043).

Aussicht

Wir kommen aus dem Wald hinaus und erreichen die Strasse Richtung Vnà, die uns eine schöne Rundumsicht auf Ramosch, den Terrassenhang, den Inn sowie die umliegenden Berge erlaubt. Am Hang des Piz Ajüz sehen wir, dass sich die Waldgrenze in den vergangenen hundert Jahren deutlich nach oben verschoben hat, weil Wachstumslimitierungen durch Kälte abgenommen haben (A032 & Interview L). Eine solche Verschiebung der Waldgrenze beginnt mit der Ausbreitung von Dornsträuchern, dann von Büschen und letztlich beginnen Bäume zu wachsen (Interview L). Wald hat folglich an vielen Orten im

Unterengadin an Fläche zugenommen und die alpine Fläche ist kleiner geworden (A032 & A057). Wir sehen aber auch einen Wald, von dem rund die halbe Fläche niedergebrannt ist (A036). Es ist eine schwarze Fläche mit einzelnen emporragenden verkohlten Baumstämmen zu sehen. Die Fläche ist durch die fehlende Bewaldung besonders anfällig für Erosion, was das Risiko für oberflächliche Rutschungen und Murgänge erhöht (A036).

Die Waldbrandgefahr ist auch diesen Sommer durch die anhaltende Trockenheit in weiten Teilen der Schweiz sehr hoch und fast überall herrscht ein Feuerverbot. Obwohl die Forstbetriebe, die Waldstruktur so gestalten, dass das Feuerrisiko sinkt und brennbares Astmaterial zügig abführen oder zerkleinern, damit es rasch abgebaut wird, kommt es durch ungünstige Windverhältnisse und menschliches Fehlverhalten immer wieder zu Waldbränden, deren Spuren in der Landschaft über mehrere Jahre hinweg sichtbar sind und Einbussen der Schutzfunktion des Waldes mit sich bringen (B042, A036). Am gegenüberliegenden Hang sehen wir eine Fläche, die kürzlich in Brand stand. Dank zahlreichen Wasserentnahmestellen für die Löschhelikopter konnte er rasch unter Kontrolle gebracht werden (Interview V). Hoch oben bei den Gipfeln sind Spuren der Permafrostdegradation sichtbar. Diese hat zu Instabilitäten an den Hängen geführt, weshalb es zu mehreren Sturzereignissen kam, die sichtbare Spuren in der Landschaft hinterlassen haben (A016).

Wir spazieren die Strasse hinab ins Dorf und warten dort auf den nächsten Bus, der uns nach Hause fährt.

6.3 Interviews mit regionalen Expert:innen

Die regionalen Expert:innen wurden in den Interviews mit einer ersten Fassung der Storylines konfrontiert und befragt. Basierend auf Erkenntnissen aus den Interviews wurden die Storylines in der Folge überarbeitet. Die in Kapitel 6.2 aufgeführten Storylines beinhalten diese Überarbeitungen bereits. In diesem Kapitel soll jedoch ersichtlich werden, welche Anpassungen aufgrund der Interviews vorgenommen wurden. Viele Aspekte aus den Storylines wurden in den Interviews bestätigt und werden deshalb nicht explizit aufgeführt. Die Storylines und die Änderungen, die basierend auf den Interviews vorgenommen wurden, sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Storylines. In violetter Schrift ist ersichtlich, welche Änderungen basierend auf den Interviews mit den regionalen Expert:innen vorgenommen wurden. Stellen, die basierend auf den Interviews aus den Storylines entfernt wurden, sind in durchgestrichener Schrift notiert.

Landschaftselement	Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität	Effektive proaktive Adaptionsaktivität
Dorf	<ul style="list-style-type: none"> Das Dorf hat im Sommer und im Winter an Attraktivität verloren, was auch Konsequenzen für den Tourismus hatte. (Interview K) <ul style="list-style-type: none"> Langlaufloipe geschlossen, war auch für Einheimische schwierig, da Teil der lokalen Identität (Interview K) Kaum neue touristische Angebote, weniger Arbeitsplätze, Abwanderung (Interview K) Weniger Arbeitsplätze im Bereich Tourismus, daher Dorf leicht geschrumpft Klimaanlagen an Gebäuden 	<ul style="list-style-type: none"> Neuere Gebäude in hellen Farben und mit begrünten Flachdächern und Balkonen Solarpanels Gärten mit Bäumen, lichte Dorfstruktur, Gärten wurden in ihrer Fläche erhalten (Interview K) Diverses touristisches Angebot <ul style="list-style-type: none"> Sommerfrische erhöht Attraktivität Familiäre und lokale Angebote, die auf die veränderten Bedingungen reagieren Langlaufloipe geschlossen, war auch für Einheimische schwierig, da Teil der lokalen Identität (Interview K) Zeltplatz
Fluss	<ul style="list-style-type: none"> Intensive wasserwirtschaftliche Nutzung <ul style="list-style-type: none"> Abfluss vom Kraftwerk kontrolliert 	<ul style="list-style-type: none"> Sommertrockenheit → geringere Energieproduktion unter Gewährleistung Restwassermengen Auenlandschaft Gewässerökosystem im Gleichgewicht, leidet aber unter Trockenheit Erholungsnutzung des Auengebiets, dank Frühwarnsystemen und Notfallkonzepten
	<ul style="list-style-type: none"> Sommertrockenheit → Restwassermenge darf unterschritten werden Wasserentnahmen aus Gewässer für die landwirtschaftliche Bewässerung Kein Wasserverteilkonzept Gewässerökosystem nicht im Gleichgewicht Kaum Erholungsnutzung 	
	<ul style="list-style-type: none"> Häufigere Hochwassersituationen Erosion und Materialumlagerungen wurden verstärkt, höhere Sedimentverfügbarkeit Zunahme Murgangereignisse, Sedimentablagerungen, Verschiebung des Flusses, Stauung des Inns durch grosse Kiesablagerungen, die nicht abtransportiert werden konnten (Interviews L & K) Kieswerk profitiert Geschiebemobilisierungen am Hang, nur Freizeitnutzung bedroht, aber trotzdem braucht es Überwachung (Interview L) Invasive Pflanze und entsprechende Massnahmen 	
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> Kaum effektive, regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung, Bewässerungsinfrastruktur nicht an veränderte Bedingungen angepasst Bei Trockenperioden verbrennen die Wiesen und die Ernte wird stark verkleinert (Interview I) Ernteausfälle immer häufiger → Stellenwert der Landwirtschaft hat sich minimiert Gelbe, versteppte Wiesen Erosion Landwirtschaftsbetriebe für Pflege der Terrassen fehlen → Verbuschung (gut für Biodiversität) Wald oberhalb des Dorfs ist ein Schutzwald 	<p>Fokus auf Wiesenbewirtschaftung</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensivere Nutzung mit mehr Schnitten wegen teilweise nicht vorhandener Schneebedeckung und verlängerter Vegetationsperiode Tierhaltung und Futterproduktion im Mittelland wurde schwieriger → Bedeutung der alpinen Gebiete hat zugenommen Grösserer Bewässerungsbedarf Angepasste, regional koordinierte Bewässerungsinfrastruktur Gewisse Flächen wurden aufgegeben aufgrund Wassermangels, andere intensiver genutzt In extrem trockenen Jahren Ernteausfall Terrassen: ähnliche Nutzung wie in den 2020er Jahren; Nutzung macht wegen

Landschaftselement	Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität	Effektive proaktive Adaptionsaktivität
	<ul style="list-style-type: none"> • Schutzfunktion in Valsot an erster Stelle, vor Holznutzung (Interview L) • Lawinenschutzfunktion hat an Bedeutung verloren • Risiko für Murgänge, Erosion und Rutschungen erhöht → Schutzfunktionen des Waldes gegenüber diesen Gefahren vermehrt in Vordergrund gerutscht 	<p>Subventionen für BLN Fläche Sinn, obwohl sie arbeitsintensiv ist</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quellschüttungen spielen zentrale Rolle, hängen von Schneeschmelze ab, Konfliktsituationen vorhanden (Interviews H, J & L) • Durch Höhenunterschiede der Alpwirtschaftsflächen sind nicht alle Flächen den gleichen Bedingungen ausgesetzt (= erhöhte Resilienz) → aber Trockenheit für Viehtränkung problematisch. (Interview I) <p>Diversifizierung der Landwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mosaik verschiedener Felder • Aufschwung Ackerbau (verbesserte Bedingungen; Veränderung der Standorteignung gewisser Kulturen), trockenheitsresistente Sorten (Interview I) • Angepasste, regional koordinierte Bewässerungsinfrastruktur (auch dadurch, dass nicht alle Kulturen auf Bewässerung angewiesen sind) • In extrem trockenen Jahren Ernteausfälle • Hecken, Bäume und Blühstreifen zwecks Schädlingschutz • Agroforestry • Bienenstöcke • Terrassen intensiver genutzt, daher Bewässerung und gewisse Terrassen für Getreideanbau genutzt; Terrassen verbreitert und mit Strassen erschlossen → Rückgang Biodiversität durch intensivere Nutzung der Terrassen, → dies war nur an den weniger steilen Stellen möglich und dank einer Anpassung der Schutzauflagen (Interview I) • Erosionsschutz durch Bodenbedeckung (Interview J)
Wald	<ul style="list-style-type: none"> • Buschflächen (Absterben der Hauptbaumarten) • Ungesundes Erscheinungsbild des Waldes, einzelne gesunde Bäume • Grosse Gerodete Fläche aufgrund Schädlingsbefalls (Interview L) • Wegen Ressourcenmangel Schädlingsbekämpfung nur noch im Schutzwald (Interview L) • Lichter Wald, verminderte Erholungsfunktion • Rutschgebiet, Technische Verbauungen oder Murganggebiet (Interview L) • Schutzwirkung beeinträchtigt 	<ul style="list-style-type: none"> • Artendurchmischung • Baumartenwechsel (kontrolliert), • Mehr Laubbäume, • Weniger alte Bäume • Pflege an jeweiligem Standort • Eingezäunte Fläche = Pflanzung (Verbisschutz = teuer, aber einziger Weg) (Interview L), gerodet wegen Schädlingsbefall, • Pflanzungen dort, wo Naturverjüngung zu langsam ist (in Bezug auf Baumarten), diese werden bewässert (Interview L) • Frühwarnsysteme Schädlingsbefall • Ziegen weiden im Wald (Interview L)
Aussicht	<ul style="list-style-type: none"> • Waldgrenze markant nach oben verschoben, alpine Fläche abgenommen, <ul style="list-style-type: none"> ◦ Dornsträucher, die sich ausbreiten, Büsche und dann Wald (Interview L) • Permafrostdegradation, daher Sturzereignisse (Interviews H & L) • Waldbrand nicht unter Kontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Waldbrand unter Kontrolle

6.4 Visualisierungen

Auf den nachstehenden Seiten werden folgende Abbildungen gezeigt:

- Eingefärbte Aufnahme der Falllandschaft von 1950
- Aufnahme der Falllandschaft von Oktober 2021
- Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Keine oder rein reaktive Adaptionaktivität» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts
- Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionaktivität mit Fokus auf der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts
- Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionaktivität mit Diversifizierung der Landwirtschaft» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts

Diese Abbildungen dienen dem Vergleich der Falllandschaft 1950, 2021 und Ende des 21. Jahrhunderts bei fortgeschrittenem Klimawandel (RCP8.5). Die Visualisierungen der Landschaft Ende des 21. Jahrhunderts wurden basierend auf den Storylines und den darin beschriebenen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft geplant und durch ikonaut realisiert. Die drei Visualisierungen entsprechen unterschiedlichen Anpassungsszenarien an den Klimawandel (siehe Kapitel 4.6).



Abbildung 10: Eingefärbte Aufnahme der Falllandschaft von 1950 (Fotograf:in: unbekannt; bearbeitet durch ikonaut)



Abbildung 11: Aufnahme der Falllandschaft von Oktober 2021 (Fotografin: Tamara Estermann)



Abbildung 12: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts (erarbeitet durch ikonaut)



Abbildung 13: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionsaktivität mit Fokus auf der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts (erarbeitet durch ikonaut)



Abbildung 14: Visualisierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch in der Variante «Effektive proaktive Adaptionsaktivität mit Diversifizierung der Landwirtschaft» für RCP8.5 Ende des 21. Jahrhunderts (erarbeitet durch ikonaut)

7 Resultate III: Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen

Nachfolgend wird auf die Ergebnisse aus den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen eingegangen und die Bewertungen der heutigen Landschaft und der verschiedenen Landschaftsvisualisierungen durch die Primarschüler:innen der Primarschule Valsot, die Studierenden der Universität Zürich und die älteren Ramoscher:innen erläutert. In Anhang 5 kann eine vergleichende tabellarische Übersicht der Bewertungen aller Landschaften und Akteursgruppen gefunden werden.

7.1 Landschaft heute

Die Primarschüler:innen und die Studierenden nannten relativ ähnliche charakteristische Merkmale der heutigen Falllandschaft. Die Aussicht auf die Berge und Hügel, die Wälder, die Terrassenlandschaft und die Siedlung wurden von beiden Gruppen genannt. Die Primarschüler:innen erachteten weiter den Inn und die Auenlandschaft sowie mehrere spezifische Gebäude / Orte (Kirche, Schule, Bauernhöfe, Burgruine, Friedhof) als charakteristisch. Die Studierenden bezeichneten die Wiesen, die Murgangsspuren und die Sedimentablagerungen sowie die Hochspannungsleitungen als weitere kennzeichnende Merkmale. Die älteren Ramoscher:innen nannten spezifische Aspekte der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und deren Veränderung in der Zeit (Betriebsgrösse, Parzellengrösse, angebaute Produkte) als charakteristische Merkmale. Wie die beiden anderen Gruppen bezeichneten sie die Terrassenlandschaft als charakteristisch und nannten wie die Primarschüler:innen spezifische Gebäude / Orte (das eigne Zuhause, Kirche).

Die heutige Landschaft wurde von allen Gruppen sehr positiv bewertet. Die Primarschüler:innen reagierten mit einem begeisterten und einstimmigen «Ja!» auf die Frage, ob ihnen die Landschaft gefällt und listeten zahlreiche Aspekte auf, die ihnen gefallen. Dazu gehören die Berge, die Aussicht, die Wiesen, der Wald, der Inn, die Natur, die Tiere und spezifische Gebäude. Bemerkenswerterweise wurden auch die Ruhe und die Naturgeräusche von den Primarschüler:innen als hörbare Landschaftscharakteristika positiv gewertet. Die Liste der Aspekte der Landschaft, die den Primarschüler:innen nicht gefallen ist wesentlich kürzer und bezeichnet sehr spezifische Punkte: fehlende Bademöglichkeiten, Naturgefahren und natürliche Störungen (Lawinen und Borkenkäferbefall), Luxushäuser im Dorf sowie der Abfall, der teilweise umherliegt. Die Studierenden bezeichneten die Landschaft als «*Ort der Entspannung*» und sprachen die friedliche Stimmung an, die für sie durch die Landschaft hervorgerufen wird. Ihr Fokus lag somit mehr auf dem Landschaftsbild insgesamt und der davon ausgehenden Atmosphäre als auf einzelnen positiv gewerteten Landschaftselementen. Als negativ behaftete Landschaftselemente nannten die Studierenden einzig die Hochspannungsleitung, die «*das Landschaftsbild zerstört*». Die älteren Ramoscher:innen waren der Meinung, dass ihnen «*die Landschaft so gefällt, wie sie ist*». Das Gleichbleiben der Landschaft wurde von ihnen explizit positiv bewertet. Spezifische Landschaftselemente, die den älteren Ramoscher:innen gefallen, umfassen die Berge, der Wald und die Wiesen. Als Landschaftscharakteristika, die ihnen nicht gefallen, nannten die älteren Ramoscher:innen die maschinelle landwirtschaftliche Bewirtschaftung.

7.2 Landschaftsvisualisierung 2085: Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität an den Klimawandel

Sowohl die Primarschüler:innen als auch die Studierenden erkannten sehr viele Veränderungen beim Vergleich der heutigen Landschaft mit der Landschaftsvisualisierung 2085 mit keiner oder rein reaktiver Anpassungsaktivität an den Klimawandel. Die älteren Ramoscher:innen erkannten ebenfalls einige Veränderungen, die Gespräche verloren aber wiederholt ihren Fokus auf die Zukunftsvisualisierung, weil die befragten älteren Ramoscher:innen das Gespräch zurück auf die heutige und insbesondere auf frühere Landschaften lenkten. Die Primarschüler:innen zeigten grosses Interesse daran, die Veränderungen im Bild zu suchen und erkannten die allermeisten Veränderungen, die in der Visualisierung vorgenommen wurden als solche. Die Studierenden erkannten ebenfalls die allermeisten Veränderungen und ordneten diese in den Kontext Klimawandel ein. Dies wurde von den Studierenden explizit erfragt, während andere Gruppen nicht danach gefragt wurden. Die älteren Ramoscher:innen erkannten Veränderungen im Zusammenhang mit der Trockenheit und dem Wald. Sie gingen nicht auf weitere Veränderungen ein. Dies könnte auch auf visuelle Einschränkungen zurückzuführen sein.

Jedoch gelang es der Workshopleiterin auch mit Bildbeschreibungen nicht, das Interesse für weitere Veränderungen zu wecken.

Die Landschaftsvisualisierung wurde von allen befragten Gruppen negativ bis sehr negativ bewertet. Alle Gruppen äusserten sich gegenüber dem optischen Erscheinungsbild der visualisierten Landschaft negativ, wie in folgenden Zitaten ersichtlich wird: «*Es sieht hässlich aus*» (Primarschüler:in), «*Es sieht trist aus, weil alles so ausgetrocknet ist*» (Student:in), «*Es sieht wüst aus*» (Ältere Ramoscher:in). Alle Gruppen nannten den Waldbrand sowie die ausgeprägte Trockenheit als Aspekte der Landschaft, die ihnen nicht gefallen. Die Primarschüler:innen reagierten auf die Frage, was ihnen gefalle alle mit «*Nichts*». Sie nannten die schlechte Waldgesundheit, die Klimaanlagen, die Verbauungen, den Bergsturz und die Schwierigkeit, etwas anzubauen, als Aspekte, die ihnen nicht gefallen. Die Studierenden nannten in diesem Kontext die Unberechenbarkeit des Inns. Sie bezeichneten die Landschaft insgesamt als weniger beruhigend und entspannend als die heutige Landschaft. Die älteren Ramoscher:innen sprachen an, dass ihnen die Äcker fehlen. Der einzige Aspekt, den die Primarschüler:innen positiv bewerteten, waren die Solaranlagen. Die Studierenden nannten die weiterhin schöne und bergige Landschaftskulisse, die kleinteilige Landschaft und das mediterrane Gefühl als positive Aspekte. Weiter wurde von ihnen angesprochen, dass sie davon ausgehen, dass es im Mittelland noch viel schlimmer wäre, wenn es in Ramosch so aussehen würde. Die älteren Ramoscher:innen beantworteten die Frage nach den Landschaftselementen, die ihnen gefallen, nicht.

Sowohl die Primarschüler:innen als auch die Studierenden äusserten sich, ohne dass sie explizit danach gefragt wurden, besorgt über die erwartete Lebensqualität in der visualisierten Landschaft. Ein:e Primarschüler:in sagte: «*Hier ist es nicht schön zu leben*». Die Studierenden sprachen an, dass man sich in der visualisierten Landschaft nicht wohl fühlen würde und das Leben schwieriger und unangenehmer sein würde als heute. Dies lässt sich mit folgendem Zitat untermauern: «*Im Vergleich zu jetzt wäre das ein Horrorszenario*».

Von den Primarschüler:innen und Studierenden wurden sehr starke negative Emotionen in Zusammenhang mit der Landschaftsvisualisierung geäussert. So sagten die Befragten beispielsweise, dass sie sich beim Betrachten der Visualisierung schlecht, traurig, melancholisch oder sehr beängstigt fühlen würden und dass es schrecklich und / oder kaum auszuhalten sei, die Visualisierung anzuschauen. Bemerkenswert sind folgende angstgeladene Aussagen von den Primarschüler:innen, die als sehr junge einheimische Personen am wahrscheinlichsten Ramosch Ende des 21. Jahrhunderts erleben werden: «*Da will ich nicht mehr leben*» und «*Da würde ich mich lieber zuerst umbringen*».

7.3 Landschaftsvisualisierung 2085: Proaktive effektive Adaptionsaktivität an den Klimawandel mit Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung

Zwei der drei Primarklassen und eine der drei Gruppen der Studierenden befassten sich mit der Landschaftsvisualisierung 2085 mit proaktiver effektiver Anpassungsaktivität an den Klimawandel und Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung. Die älteren Ramoscher:innen hatten alle die Gelegenheit, diese Visualisierung anzuschauen, aber es zeigte sich, ähnlich wie bei der reaktiven Zukunftsvisualisierung, dass sie den Gesprächsfokus immer wieder zurück auf heutige oder vergangene Landschaften lenkten.

Alle Gruppen sprachen an, dass die visualisierte Landschaft weniger ausgetrocknet und grüner aussieht, dass die Wiesen stärker bewässert werden und der Wald etwas gesünder aussieht als in der Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität. Die Primarschüler:innen stellten zudem fest, dass der Inn in einem breiteren und stärker bewachsenen Bachbett fliesst und Gebäude der Schule bewachsen oder «*überwuchert*» sind. Die Studierenden gingen vertieft auf die Wiesenbewirtschaftung und die Bewässerung ein und sprachen über Überdüngung, die Aufgabe gewisser Flächen mangels Bewässerungsinfrastruktur und die Schwierigkeit, genügend Wasser für eine flächige und intensive Bewässerung zur Verfügung zu stellen. Sie sprachen weiter die Renaturierung des Inns an und stellten fest, dass die Murgangaktivität gleich wie in der reaktiven Zukunftsvisualisierung dargestellt ist. Wie die Primarschüler:innen sprachen sie die Fassadenbegrünung

an. Zusätzlich stellten sie fest, dass die Terrassen in diesem Szenario weiterhin bewirtschaftet werden. Der Waldbrand wurde sowohl von den Primarschüler:innen und den Studierenden kommentiert. Die älteren Ramoscher:innen sprachen einen einzigen Aspekt an, der von den anderen Gruppen unkommentiert blieb: das Erosionsrisiko, das in Hanglagen durch Bewässerung vergrössert werden kann.

Die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung waren mittelmässig. Die Wiesen allgemein und spezifisch deren grüne Farbe wurden von den Primarschüler:innen und den Studierenden positiv bewertet. Die Primarschüler:innen nannten weiter die verbesserte Waldgesundheit und die geringere Ausdehnung des Waldbrands als positiv, während die Studierenden in diesem Kontext die Pflege der Terrassenlandschaft, die Fassadenbegrünung und die Effizienz der Landwirtschaft ansprachen. Die Bewässerungsanlagen wurden von den Primarschüler:innen und den Studierenden negativ bewertet. Die Primarschüler:innen bewerteten zudem die Trockenheit der Landschaft und den Waldbrand als negativ. Sie sprachen weiter an, dass die Landschaft «*ungewohnt*» aussieht, und bewerteten dies negativ. Die Studierenden und die älteren Personen werteten die Dominanz des Löwenzahns negativ. Die älteren Ramoscher:innen beurteilten die fehlenden Getreidefelder als negativen Aspekt.

7.4 Landschaftsvisualisierung 2085: Proaktive effektive Adaptionenaktivität an den Klimawandel mit Diversifizierung der Landwirtschaft

Eine der drei Primarschulklassen und zwei der drei Gruppen der Studierenden befassten sich mit der Landschaftsvisualisierung 2081 mit proaktiver effektiver Anpassungsaktivität an den Klimawandel und Diversifizierung der Landwirtschaft. Die älteren Ramoscher:innen hatten alle die Gelegenheit diese Visualisierung anzuschauen, aber ein Fokus auf die Zukunft konnte in den Gesprächen aus den oben genannten Gründen wiederum nicht erreicht werden.

Die Primarschüler:innen nannten die erhöhte Wasserführung des Inns, die Bewässerung, die mittelmässige Waldgesundheit, den kleineren, aber vorhandenen Waldbrand und den Campingplatz am Inn als Veränderungen. Die Studierenden sprachen an, dass die Landschaft weniger ausgetrocknet und grüner erscheint und lebendiger wirkt. Sie kommentierten weiter die Blumenwiese, die Bienenstöcke, die Bewässerung, die Flussrenaturierung, die verbesserte Waldgesundheit mit trockenheitsresistenten Bäumen und Buschvegetation, die kleinteiligere Feldstruktur mit mehr Getreidefeldern und Büschen, Hecken und Bäumen. Im Siedlungsbereich stellten sie die Fassadenbegrünung fest. Die älteren Ramoscher:innen bemerkten die Bienenstöcke und die Getreidefelder.

Die Bewertungen dieser Landschaftsvisualisierungen waren ebenfalls mittelmässig, wobei die Studierenden sich am positivsten äusserten. Alle Gruppen äusserten sich positiv zu den Wiesen und teilweise spezifisch zu den Blumen. Die Bienenstöcke auf der Wiese wurden von den älteren Ramoscher:innen explizit als positiv bewertet. Die Primarschüler:innen und die Studierenden bewerteten zudem die grüne Farbe der Landschaft positiv. Die Primarschüler:innen bewerteten weiter positiv, dass das Dorf im Vergleich zu heute gleich aussieht und der Waldbrand im Vergleich zur reaktiven Landschaftsvisualisierung kleiner ist. Die Studierenden bewerteten die Kleinteiligkeit der Landwirtschaft positiv. Die Studierenden und die älteren Ramoscher:innen beurteilten den Getreideanbau positiv. Die Primarschüler:innen und die älteren Ramoscher:innen werteten die Waldgesundheit, bzw. den Waldbrand als negativ. Den Primarschüler:innen gefielen zudem die Fassadenbegrünungen nicht.

Auf Ebene der Gefühlsäusserung und durch die Landschaftsvisualisierung hervorgerufene Stimmungen sprachen die Primarschüler:innen an, dass sie sich besser fühlten, als bei der Betrachtung der reaktiven Landschaftsvisualisierung. Die beiden einheimischen Gruppen, die Primarschüler:innen und die älteren Ramoscher:innen, sprachen an, dass ihnen die Landschaft, so wie sie jetzt ist, am besten gefällt und dass sie möchten, dass sie so bleibt. Die Studierenden äusserten, dass die Landschaftsvisualisierung weniger trostlos und die dargestellte Situation besser unter Kontrolle wirkt als in der Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Adaptionenaktivität. Sie sprachen an, dass durch die Landschaftsvisualisierung weniger Weltuntergangsstimmung und mehr Hoffnung ausgelöst werde.

7.5 Bewertung der Landschaftsvisualisierungen auf Skalen

Die Workshopteilnehmenden wurden gebeten die verschiedenen (visualisierten) Landschaften auf einer Skala von 0 «Gefällt mir gar nicht» bis 10 «Gefällt mir sehr gut» zu bewerten. Abbildung 15 zeigt diese Bewertungen. Die Bewertung hat bei den Studierenden und den Primarschüler:innen gut funktioniert, bei den älteren Ramoscher:innen jedoch nicht, weil sie sich in Erzählungen verloren und keine numerische Bewertung abgaben. Deshalb werden im Folgenden die Bewertungen der Primarschüler:innen und der Studierenden verglichen. In den Workshops mit den Primarschüler:innen haben die Lehrpersonen (LP) die Landschaften unerwarteterweise ebenfalls bewertet. Aus den Rohdaten ist leider nicht ersichtlich, welche Bewertungen von den Lehrpersonen abgegeben wurden, weshalb jeweils die Anzahl der Lehrpersonen pro Stichprobe angegeben wird. Weiter ist anzumerken, dass alle Primarschüler:innen und Studierenden nur entweder die visualisierte Landschaft mit proaktiver Anpassungsaktivität an den Klimawandel mit Fokus der Landwirtschaft auf die Wiesenbewirtschaftung oder jene mit Diversifizierung der Landwirtschaft bewerteten und die andere jeweils nicht.

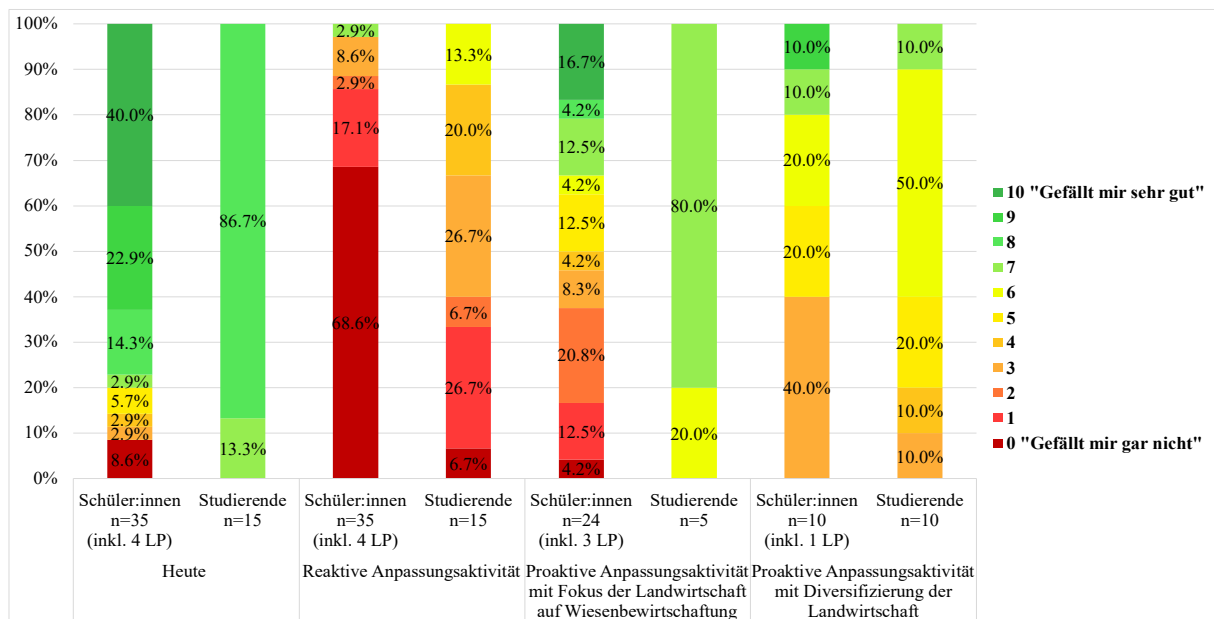


Abbildung 15: Bewertung der heutigen und visualisierten Landschaften der Workshopteilnehmenden auf einer Skala von 0 "Gefällt mir gar nicht" bis 10 "Gefällt mir sehr gut"

Die heutige Landschaft wurde von 80 % der Primarschüler:innen und 100 % der Studierenden mit 7 oder höher bewertet. Von den Primarschüler:innen bewerteten davon die Hälfte (40 %) diese sogar mit 10. Die Landschaft mit keiner oder rein reaktiver Anpassungsaktivität bewerteten über 95 % der Primarschüler:innen mit 3 oder weniger sehr negativ und über zwei Drittel der Primarschüler:innen bewerteten sie sogar mit 0. Über 85 % der Studierenden bewerteten diese Landschaft mit 4 oder weniger. Die Bewertungen der Primarschüler:innen der Landschaft mit proaktiver Anpassungsaktivität und Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung waren breit gestreut und es lässt sich kein klares Muster erkennen. Bemerkenswert ist jedoch, dass über ein Drittel der Primarschüler:innen die Landschaft mit 0 bis 2 bewerteten und nur circa 20 % mit 8 bis 10. Die Studierenden bewerteten diese Landschaft alle mit 6 (29 %) oder 7 (80 %). Die Primarschüler:innen bewerteten die Landschaft mit proaktiver Anpassungsaktivität und Diversifizierung der Landwirtschaft zwischen 4 und 9 und die Studierenden zwischen 3 und 8, womit die Streuung der Bewertungen relativ gross ausfiel. Die meisten (60 %) Primarschüler:innen bewerteten diese Landschaft mit 5 oder weniger, während die meisten Studierenden (60 %) diese mit 6 oder mehr bewerteten.

Zusammenfassend wurde die heutige Landschaft von beiden Gruppen klar am positivsten bewertet. Die Landschaft mit keiner oder rein reaktiver Anpassungsaktivität wurde von beiden Gruppen klar am negativsten und gesamthaft sehr schlecht bewertet. Die beiden Landschaften mit proaktiver Anpassungsaktivität wurden mittelmässig und von den einzelnen Personen sehr unterschiedlich

beurteilt, wobei die Bewertungen der Studierenden für beide Landschaften insgesamt positiver waren als jene der Primarschüler:innen.

7.6 Landschaft 1950

Die Bewertungen der Landschaft von 1950 wurde in den Workshops weniger explizit erfragt als diejenige der anderen Landschaften und Landschaftsvisualisierungen, weil Bewertungen von vergangen Landschaften nicht direkt mit den Forschungsfragen dieser Masterarbeit in Verbindung gebracht werden können. Trotzdem wurde diese Landschaftsaufnahme von 1950 in allen Workshops gezeigt. Die Primarschüler:innen konnten aus zeitlichen Gründen kaum auf diese Landschaft reagieren. Die Studierenden wurden aufgefordert ihre Lieblingslandschaft (aus 1950, 2021 und den drei Zukunftsvisualisierungen) zu wählen und ihre Wahl zu begründen und so kamen einige positive Kommentare zur Landschaftsaufnahme von 1950 zusammen. Die älteren Ramoscher:innen waren alle sehr an der Landschaftsaufnahme von 1950 interessiert, kommentieren diese und lenkten das Gespräch über andere Landschaften häufig auf diese zurück. Häufig drehten sich diese Gespräche um frühere Lebensweisen und Praktiken und weniger um Landschaften, aber einige Aspekte der Landschaft wurden als positiv hervorgehoben.

Sieben Studierende wählten die Landschaft von 1950 als ihre Lieblingslandschaft. Sie begründeten diese Wahl einerseits mit den Spuren traditioneller Bewirtschaftung mit wenig Einsatz von Technik und bedächtiger Arbeit. In diesem Zusammenhang nannten je zwei Studierende das gepflegte Erscheinungsbild der Landschaft und die bewirtschafteten Terrassen als positive Charakteristika der Landschaft. Das alpine Dorf mit weniger Gebäuden als heute und ohne Solaranlagen wurde ebenfalls als positives Element gewertet. Weiter kommentierten die Studierenden die Abwesenheit von Waldbrand oder Waldbrandspuren, das natürliche Erscheinungsbild des Inns und die dominante grüne Farbe der Landschaft positiv. Ein:e Student:in schrieb, dass die Landschaft *«nach Heimat aussieht»*.

Die älteren Ramoscher:innen bewerteten die Spuren der traditionellen Bewirtschaftung, insbesondere den Getreideanbau, die kleine Parzellenstruktur, die extensive Bewirtschaftung und die Bewirtschaftung der Terrassen positiv. Darüber hinaus nannten sie die Berge und den Wald als positive Charakteristika der Landschaft.

8 Diskussion

8.1 Methodische Diskussion

Nachfolgend werden die methodischen Stärken und Limitationen des entwickelten und angewandten methodischen Vorgehens zur Evaluierung und Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften sowie der Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen reflektiert. Damit wird Forschungsfrage 1 diskutiert.

8.1.1 Konzeptionelles Systemmodell und Interviews mit Landschaftsexpert:innen

Die ersten beiden Schritte des methodischen Vorgehens, d.h. die Erarbeitung des konzeptionellen Systemmodells unter Berücksichtigung der Literaturstudie sowie die Interviews mit den Landschaftsexpert:innen, dienen in ihrer Anwendung insbesondere der Beantwortung der Forschungsfrage 2, die nach den wichtigsten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz fragt, sowie der Aufarbeitung dieser Auswirkungen für deren Integration in den Storylines.

Eine Stärke dieses Arbeitspakets liegt darin, dass ein breites Spektrum an Forschungsergebnissen sowie politischen Strategiedokumenten zur Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt und in eine einheitliche Form von Wirkungspfaden gebracht werden konnten. Trotz der sehr abstrakten Form des konzeptionellen Systemmodells und der Komplexitätsreduktion auf einzelne Wirkungspfade, konnte dank der Verknüpfung von Forschungsergebnissen aus verschiedenen Disziplinen mit politischen Strategiedokumenten eine konzeptionelle Annäherung an die landschaftliche Realität stattfinden und die vorherrschende sektorale Sichtweise ein Stück weit überwunden werden. Die Annäherung an die landschaftliche Realität wurde mit dem Einbezug von Landschaftsexpert:innen verschiedener Hintergründe vertieft. Aus den Expert:inneninterviews konnte herauskristallisiert werden, welches besonders landschaftsrelevante Auswirkungen des Klimawandels sind und wo bedeutende Wechselwirkungen zwischen diesen Auswirkungen stattfinden. Dies kann als weitere Stärke dieses Arbeitspakets bezeichnet werden.

Eine Limitation dieses Arbeitspakets liegt in der rein konzeptionellen Herangehensweise, denn dadurch wurden Resultate aus unterschiedlichsten sektoralen Publikationen, die sich auf einzelne Landschaftselemente fokussieren, auf die Landschaftsebene extrapoliert. Obwohl diese konzeptionelle Extrapolation dank der Darstellung in Wirkungspfaden nachvollziehbar ist, muss die Abwesenheit von empirischen Erhebungen als eine Limitation gewertet werden. Diese wurde durch den Einbezug von Landschaftsexpert:innen gedämpft, da sie landschaftliche Fehlschlüsse als solche identifizieren konnten. Eine weitere Limitation des rein konzeptionellen Vorgehens liegt darin, dass Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten der Wirkungspfade nicht quantifiziert werden konnten. Des Weiteren war es das ursprüngliche Ziel, das konzeptionelle Systemmodell graphisch darzustellen (beispielsweise als Flussdiagramm). Dies war jedoch aufgrund der Vielzahl von Wirkungspfaden nicht durchführbar, weshalb das konzeptionelle Systemmodell nicht direkt in diese Masterarbeit integriert werden konnte.

8.1.2 Regionenspezifische Analysen und Darstellungen

Die regionenspezifischen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Falllandschaft Ramosch wurden in einem nächsten Schritt in Storylines und Visualisierungen ausgearbeitet und dargestellt. Stärken dieses Arbeitspakets liegen darin, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf lokaler Ebene analysiert und die Ergebnisse durch ihre Darstellung in Geschichten und Visualisierungen greifbar, nahe an der Alltagswelt, wenig abstrakt und trotzdem basierend auf wissenschaftlicher Grundlage aufgearbeitet wurden.

Die lokale Ebene wurde in den Vordergrund gestellt, um den Bezug zwischen der alltäglichen Lebenswelt und dem oftmals komplex und abstrakt auftretenden Klimawandel zu vereinfachen. Der Klimawandel betrifft einerseits grosse zeitliche und räumliche Massstäbe, andererseits manifestieren sich die Auswirkungen des Klimawandels oftmals nicht schlagartig und linear, sondern über einen längeren Zeitraum und in komplexen Wechselbeziehungen (Harris 2020; Moezzi et al. 2017). Dies erschwert die kognitive Herstellung der Verbindung zwischen dem Klimawandel und der persönlichen

Betroffenheit (Sheppard 2012; Sheppard 2015). Landschaften ermöglichen affektive Beziehungen zwischen Menschen und spezifischen Orten, schaffen Lebensräume und tragen zur persönlichen und gesellschaftlichen Identitätsbildung bei (Council of Europe 2000; Grêt-Regamey et al. 2012; Hermes et al. 2018; Manzo & Devine-Wright (Hrsg.) 2013; Rey et al. 2017; Ridding et al. 2018; Wartmann et al. 2021). Im erarbeiteten methodischen Vorgehen wurde daher ein Fokus auf lokale Falllandschaften gelegt, um eine Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels voranzutreiben. In Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen wurden verschiedene, unter anderem lokale, Akteure zu ihren Bewertungen der Landschaftsvisualisierungen befragt. Eine dieser Akteursgruppen waren Primarschüler:innen aus Ramosch. Die Reaktionen dieser Akteursgruppe eignet sich, um exemplarisch die Stärken des angewendeten lokalen Fokus aufzuzeigen, weil die Primarschüler:innen einerseits wenig Vorwissen zum Phänomen Klimawandel mitbrachten, andererseits in der Region leben und aufwachsen und somit einen persönlichen Bezug zur Region haben. Die Primarschüler:innen reagierten ausnahmslos mit starken negativen Emotionen auf die in den Visualisierungen dargestellten zukünftigen Landschaftsveränderungen. Sie äusserten beispielsweise, dass es «kaum auszuhalten» war die Bilder anzuschauen, dass sie sich «schlecht fühlen» und sie die dargestellte Zukunft als «schrecklich» empfanden. In Anbetracht dessen, dass sie wenig Prozessverständnis für den Klimawandel und seine Auswirkungen mitbrachten und dieses in den Workshops auch nicht vermittelt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass der regionale Fokus den Schüler:innen einen direkten und unvermittelten Zugang zur Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels bot und ihnen ermöglichte, sich dem Thema auf der persönlichen Ebene zu nähern. Es ist anzumerken, dass in den Workshops mit allen Varianten der Visualisierungen gearbeitet wurde, um den von Anpassungsaktivitäten ausgehenden Handlungsspielraum aufzuzeigen. Es ist empfehlenswert, nicht nur mit dem worst-case Szenario zu arbeiten, um aufkommende Hoffnungslosigkeit bestmöglich zu vermeiden.

Storylines und Visualisierungen wurden als Medien gewählt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften darzustellen. Durch den Einsatz dieser Medien ist es gelungen, wissenschaftliche Erkenntnisse und Prognosen zu den Auswirkungen des Klimawandels, abstrakte Sachverhalte und komplexe Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels wenig abstrakt, verankert in einer lokalen Landschaft und trotzdem wissenschaftsbasiert aufzuzeigen. Geschichten, Visualisierungen und spezifisch Landschaftsvisualisierungen werden als effektive Medien gesehen, um wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel zu kommunizieren und um die Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels voranzutreiben (Bloomfield & Manktelow 2021; Harris 2020; Moezzi et al. 2017; Morris et al. 2019; Sheppard 2015; Sheppard 2012; Van der Linden 2014). Die Studierenden, die an den Akteursworkshops teilnahmen, gaben schriftlich Rückmeldungen zur Arbeit mit den Landschaftsvisualisierungen. Folgendes Zitat aus diesen Rückmeldungen unterstreicht, dass alternative Darstellungen der Auswirkungen des Klimawandels selbst für Studierende mit disziplinärem Hintergrundwissen zum Klimawandel verständnisfördernd sein können. «Die Bilder haben uns geholfen, die Auswirkungen des Klimawandels einmal bildlich zu sehen und konnten bei uns besser ein Gefühl für die verschiedenen Szenarien hervorrufen, als wenn nur in Worten darüber berichtet wird.». Es ist somit als Stärke des in der vorliegenden Masterarbeit vorgeschlagenen methodischen Vorgehens zu werten, dass erzählerische und visuelle Repräsentationen der lokalen Auswirkungen des Klimawandels ausgearbeitet wurden. Eine Auseinandersetzung mit den Storylines in den Akteursworkshops wäre wünschenswert gewesen, war aber aus zeitlichen Gründen nicht möglich (siehe Kapitel 8.1.3).

Eine weitere Stärke des methodischen Vorgehens liegt in der Wahl der dargestellten Varianten «keine und rein reaktive Anpassungsaktivität» und «effektive proaktive Anpassungsaktivität». Dadurch wurde das worst-case und das best-case Szenario der Anpassungsaktivität landschaftlich lesbar und damit der Einfluss der Wahl der Anpassungsstrategie auf die Landschaftsqualitäten und die Landschaftsleistungen unterstrichen. Diese Darstellungen können im Rahmen der Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels und bei der Aushandlung von Strategien der Anpassung an den Klimawandel sowie der aktiven Gestaltung der Zukunft eine wichtige Hilfestellung bieten.

In den Storylines und den Visualisierungen werden mögliche Zukunftsszenarien für eine durch den Klimawandel beeinflusste Landschaft Ende des 21. Jahrhunderts dargestellt. Weil diese Darstellungen mit einem nachvollziehbaren methodischen Vorgehen basierend auf wissenschaftlicher Literatur,

Dokumenten zu Sektorpolitiken und dem Wissen diverser Expert:innen ausgearbeitet wurden, können sie als plausibel erachtet werden. Trotzdem ist davon auszugehen, dass die zukünftigen Landschaften nicht denjenigen, die in den Storylines oder den Visualisierungen dargestellt wurden, entsprechen werden. Dies ist erstens damit zu begründen, dass Landschaften als offene Systeme in ihrer vollen Komplexität nicht erfassbar sind, weshalb ein Abbild landschaftlicher Realität Vereinfachungen beinhalten muss (Duttmann 2020). Zweitens sind alle (Klima-) Projektionen mit gewissen Modellunsicherheiten behaftet und wenn die projizierte Entwicklung verschiedener Klimavariablen zur Projektion der zukünftigen Entwicklung landschaftsrelevanter Prozesse verwendet werden, verlängern sich die Bearbeitungsketten der Projektionen und damit die Unsicherheit (BAFU 2021; NCCS 2018a) (siehe Kapitel 2.1.4). Drittens wurden die Landschaftsdarstellungen basierend auf den Klimaszenarien für RCP8.5 erarbeitet. Das Eintreffen der RCPs hängt von sozioökonomischen Dynamiken und politischen Entscheidungen ab, was für Zukunftsszenarien eine weitere Ebene der Unsicherheit bedeutet (NCCS 2018a). Bei grösserem Erfolg der Mitigationsaktivitäten wäre auch RCP4.5 oder sogar RCP2.6 denkbar, was zu einer geringeren Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur und weniger ausgeprägten Auswirkungen des Klimawandels führen würde (NCCS 2012). Viertens wurden in den Storylines und den Visualisierungen nur zukünftige Landschaftsveränderungen thematisiert und dargestellt, die als Folge direkter oder indirekter Auswirkungen des Klimawandels resultieren. Der Klimawandel ist jedoch einer von vielen Driving Forces von Landschaftsveränderungen, die parallel auf Landschaften wirken (Bürgi et al. 2004; Hersperger & Bürgi 2009). Dieser selektive Fokus auf die durch den Klimawandel ausgelösten landschaftlichen Veränderungen verringert zwar aufgrund des Ausblendens vieler weiterer Faktoren die Genauigkeit der Zukunftsdarstellungen, ermöglicht aber den Leser:innen / Betrachtenden durch die Komplexitätsreduktion eine gezieltere Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels. Trotz der genannten Unsicherheiten entsprechen die Zukunftsdarstellungen und das methodische Vorgehen zur Entwicklung derselben den Zielsetzungen der vorliegenden Masterarbeit, indem sie die Auswirkungen des Klimawandels auf der Landschaftsebene untersuchen, zum Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften beitragen und Grundlagen bieten, mit denen zur Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels beigetragen werden kann.

Spezifischere Limitationen der Anwendung des methodischen Vorgehens betreffen die Wahl des Ausgangsbildes für die Visualisierungen. Die Wahl des Ausgangsbilds und die Entscheidung, die Visualisierungen anhand einer Fotografie umzusetzen, ermöglichte die Herstellung der Zeitreihe «Vergangenheit – Heute – Zukunft», brachte aber gleichzeitig einige Nachteile mit sich. Zum einen bietet das Ausgangsbild nur den Blick auf einen bestimmten Ausschnitt der lokalen Landschaft in Ramosch, während Landschaftsausschnitte, die talaufwärts vom Aufnahmestandort liegen, unsichtbar bleiben und somit in den Analysen nicht berücksichtigt wurden. Weiter sind gewisse landschaftliche Prozesse vom Aufnahmestandort aus schlecht erkennbar. So sind Flüsse und Wildbäche zwar auf dem Bild zu sehen, aufgrund der grossen Distanz können landschaftsrelevante Prozesse wie Murgänge oder Überschwemmungen jedoch nicht eindeutig visualisiert werden. Zudem wird das Bild durch die Waldfläche ziemlich stark dominiert, die Alpwirtschaft ist im Bild nicht sichtbar und obwohl das Dorf eine prominente Rolle einnimmt, können Landschaftsveränderungen, welche die Siedlung betreffen, nur an ausgewählten Gebäuden sichtbar gemacht werden. Mit einer Umsetzung der Visualisierung anhand einer an die Fallregion angelehnten, aber künstlich hergestellten Landschaft, hätten diese Herausforderungen vermieden werden können, indessen wäre dadurch auch ein Stück Realitätsbezug verloren gegangen. Eine 360 °-Visualisierung wäre sicherlich denkbar und wünschenswert gewesen, hätte jedoch einen höheren finanziellen Aufwand bedeutet, weshalb darauf verzichtet wurde.

8.1.3 Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen

Das abschliessende Arbeitspaket der Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen gehörte nicht im engeren Sinne zur Evaluierung und Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, sondern diente als Anwendung der Ergebnisse einer ersten Abschätzung der Eignung von Landschaftsvisualisierungen, um verschiedenen Bevölkerungsgruppen den Zugang zum Thema «Auswirkungen des Klimawandels» zu ermöglichen, und einer Analyse der Bewertungen der verschiedenen Landschaften und Landschaftsvisualisierungen. Methodische Stärken der Workshops liegen darin, dass diese grösstenteils direkt am Aufnahmestandort der Visualisierungen durchgeführt wurden, somit die heutige Landschaft als reale Landschaft mit allen Sinnen wahrgenommen werden

konnte und trotzdem Vergleiche zwischen der heutigen Landschaft und den visualisierten Landschaften möglich waren. Weiter ist es gelungen, die Workshops an die unterschiedlichen Bedürfnisse der Primarschüler:innen und Studierenden anzupassen, sodass beide Gruppen adäquat angesprochen werden konnten und die Resultate trotzdem vergleichbar blieben.

In Bezug auf die älteren Ramoscher:innen waren die Workshops möglicherweise ungenügend an die Bedürfnisse dieser Gruppe angepasst, denn es ist der Workshopleitung kaum gelungen, den Gesprächsfokus auf zukünftige Entwicklungen zu lenken. Methodische Schwächen lagen darüber hinaus in der Stichprobenziehung. Die Stichprobe der älteren Ramoscher:innen hätte grösser sein sollen, um diese Altersgruppe in die Vergleiche einbeziehen zu können und einen Ausgleich dafür zu finden, dass einzelnen Personen eine Auseinandersetzung mit der Zukunft nicht möglich ist. Letztlich wäre eine Befragung einer mittleren Altersgruppe zwischen circa 40 und 60 Jahren aufschlussreich gewesen. Aus zeitlichen Gründen wurde in den Workshops mit den Visualisierungen, nicht aber mit den Storylines gearbeitet. Eine Auseinandersetzung mit den Storylines hätte dazu beitragen können, das Potenzial des Mediums Storylines als Kommunikationsmittel für die Auswirkungen des Klimawandels zu erfassen.

Es besteht ein Risiko von Überforderung oder Machtlosigkeit bei der Verwendung von Bildern zur Sensibilisierung (Nicholson-Cole 2005). Aus diesem Grund wurde in den Workshops mit allen Teilnehmenden mit verschiedenen Visualisierungen gearbeitet und so ein Fokus auf Stellschrauben für zukünftige Entwicklungen gelegt (Dockerty et al. 2006). Nichtsdestotrotz fielen die Reaktionen der befragten Akteure bei der Arbeit mit der Visualisierung «Keine oder rein reaktive Adaptionsaktivität» teilweise stark negativ emotional aus (siehe Kapitel 7.2). Da der Untersuchungsgegenstand der Workshops die Bewertungen der heutigen und der visualisierten Landschaften waren, geht aus den Ergebnissen nicht hervor, ob und inwiefern diese stark negativen Emotionen zu Hoffnungslosigkeit und assoziierter Tatenlosigkeit in Bezug auf Klimawandel führten. Für weiterführende Anwendungen der Visualisierungen, wie in Kapitel 9.2 vorgeschlagen, wäre eine Analyse derselben empfehlenswert.

8.2 Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz

Forschungsfrage 2 fragt nach den wichtigsten erwarteten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz. Diese Forschungsfrage wurde in der vorliegenden Masterarbeit durch die Erarbeitung des konzeptionellen Systemmodells und die Interviews mit den Landschaftsexpert:innen bearbeitet. Sie kann einerseits mit den in Kapitel 5.3 aufgelisteten Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften beantwortet werden. Wichtiger scheint jedoch aufzuzeigen, dass die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz das Potenzial besitzen, den Charakter von Landschaften grundlegend zu verändern, indem sie (1) grossflächig wirken, (2) lokal prägend sind und (3) bedeutende Folgeeffekte auslösen, was im Folgenden erläutert wird.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften wirken *grossflächig*. Die direkten landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels betreffen erstens alle Landschaftskompartimente, die bebauten Flächen, die Feuchtflächen, die landwirtschaftlich genutzten Flächen, die naturnahen Flächen, die Wälder und die Wasserflächen. Durch die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landschaftskompartimente und deren Wechselwirkungen werden ganze Landschaften und nicht nur einzelne Teilflächen davon verändert. Flächig auftretenden Auswirkungen finden sich beispielsweise im Rückgang des Schneefalls mit resultierenden Veränderungen der dominanten saisonalen Farben in Landschaften (Köllner et al. 2017; NCCS 2018a) oder im artspezifischen Absterben von Waldbäumen, die momentan die Hauptbaumarten an vielen Waldstandorten sind, wegen Trockenheits- und Hitzestress (Brang et al. 2016; Pluess et al. 2016).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften sind *lokal prägend*. Erstens haben die direkten Auswirkungen des Klimawandels das Potenzial Landschaftselemente, die für eine lokale Landschaft charakteristisch sind, grundlegend zu verändern. Beispiele sind das Abschmelzen von Gletschern (BAFU 2021; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012), Schäden durch Murgänge (PLANAT 2018) und Waldbrände (Bebi et al. 2016). Der Klimawandel ist weiter durch seine indirekten Auswirkungen lokal prägend, denn Anpassungsaktivitäten an den Klimawandel können tiefgründig in die Nutzungsmuster einer Landschaft eingreifen, beispielsweise durch veränderte Anbaustrategien, wie

Agroforst, geschützter Anbau oder die Aufgabe gewisser Flächen (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BAFU 2021; BLW 2011; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012) in einer landwirtschaftlich geprägten Region.

Die Auswirkungen des Klimawandels lösen *bedeutende Folgeeffekte* aus, denn einerseits bestehen Wirkungsketten zwischen direkten Auswirkungen, andererseits lösen die direkten Auswirkungen zahlreiche landschaftsrelevante Adaptionsaktivitäten aus. Menschliche Handlungen sind in vielerlei Hinsicht mit den landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels verknüpft: mit der Mitigation des Klimawandels können die direkten Auswirkungen des Klimawandels abgeschwächt werden und mit proaktiven und effektiven Adaptionsaktivitäten können negative landschaftliche Auswirkungen gemildert sowie die veränderten klimatischen Bedingungen für positive Nutzungsveränderungen genutzt werden. Folgende Wirkungsketten sind Beispiele für Wechselwirkungen zwischen den Auswirkungen des Klimawandels und deren Folgeeffekten: Permafrost- und Gletscherrückzug führen zu einer vergrösserten Sedimentverfügbarkeit in alpinen Einzugsgebieten und mit dem Klimawandel werden häufigere und intensivere Starkniederschlagsereignisse erwartet (BAFU 2021; NCCS 2018a; Noetzli & Phillips 2019). Kombiniert können diese beiden Veränderungen zu häufigeren und verstärkten Materialumlagerungen in Wildbächen, beispielsweise durch Murgänge, führen (BAFU 2021; Noetzli & Phillips 2019; Speerli et al. 2020). Durch solche Materialumlagerungen kommt es in flacheren Gebieten verstärkt zu Sedimentablagerungen, was die Gerinnekapazität verringern und so das Risiko für Überschwemmungen, auch im Siedlungsgebiet, erhöhen kann (Speerli et al. 2020). Ein anderes Beispiel sind Ernteausfälle in der Landwirtschaft, die durch häufigere Extremwetterereignisse oder durch, von den veränderten Bedingungen profitierende, Schädlinge ausgelöst werden. (Henne et al. 2018; Köllner et al. 2017). Um diese Ernteausfälle zu verhindern, können Landwirtschaftsbetriebe verschiedene Massnahmen ergreifen und beispielsweise vermehrt auf den geschützten Anbau umsteigen, was sich in Folientunnels und Gewächshäusern in der Landschaft manifestiert (BLW 2011). Zwischen den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften bestehen zahlreiche Wechselwirkungen und es können sowohl positive wie auch negative Rückkopplungen zwischen ihnen bestehen. Nach Naveh und Liebermann (1994) sind Landschaften mehr als die Summe ihrer Flächen und Ähnliches gilt auch für die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften sind mehr als die Summe der Einzelauswirkungen und daher sollten Wechselwirkungen und Folgeeffekte stets mitgedacht werden.

Da der Klimawandel Landschaften grossflächig verändern und lokal prägen kann und zwischen den Auswirkungen bedeutungsvolle Wirkungsketten bestehen, hat der Klimawandel das Potenzial, den Charakter von Landschaften zu verändern und zahlreiche Landschaftsleistungen, inklusive den Identifikationsmöglichkeiten, entscheidend zu beeinflussen. Gerade weil durch Adaptionsaktivitäten die Wirkung des Klimawandels auf Landschaften in vielen Fällen entscheidend mitgeprägt werden kann, ist es wichtig, ein integrales Verständnis für die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, das auch Wechselwirkungen einschliesst, auf verschiedenen Skalen zu fördern. Dies ist eine wichtige Wissensgrundlage, um Adaptionsaktivitäten so zu gestalten, dass die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften und ihre Landschaftsleistungen möglichst klein gehalten werden. Hier lohnt sich ein Blick auf die lokale Landschaftsebene, damit regionalen Besonderheiten Beachtung geschenkt werden kann.

8.3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft Ramosch

Forschungsfrage 3 fragt nach den regionenspezifischen Auswirkungen des Klimawandels in der Falllandschaft Ramosch. Diese Forschungsfrage wurde in der vorliegenden Masterarbeit durch die Anwendung der Erkenntnisse aus dem konzeptionellen Systemmodell und den Interviews mit den (regionalen) Landschaftsexpert:innen in Storylines zu den Auswirkungen des Klimawandels und Visualisierungen derselben bearbeitet. Damit wurde gleichzeitig der zweite Teil von Forschungsfrage 3, der nach der Darstellung der erwarteten Ergebnisse fragt, vorbereitet.

Die Storylines und die Visualisierungen zeigen für beide Varianten – «Keine oder rein reaktive Anpassungsaktivität» und «Effektive proaktive Anpassungsaktivität an den Klimawandel» – eine deutlich veränderte Falllandschaft. Im reaktiven Szenario sind die Spuren von Wassermangel und

Trockenheit inklusive Waldbrand visuell am deutlichsten erkennbar, aber auch die verminderte Waldgesundheit, die steigende Waldgrenze und veränderte Bedingungen beim Inn fallen auf. Im proaktiven Szenario sind die Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft visuell besonders auffällig. Die verbesserte Waldgesundheit durch Waldumbau mit kleinerem Waldbrand sowie der renaturierte Inn sind im Vergleich zum reaktiven Szenario ebenfalls markant. In allen Storylines und Visualisierungen lässt sich eine Veränderung des Landschaftsbildes insgesamt feststellen.

Die Storylines und Visualisierungen zeigen auf, dass die kombinierten und interagierenden direkten und indirekten Auswirkungen, die bei 4 °C durchschnittlicher Erwärmung bis Ende dieses Jahrhunderts in Ramosch erwartet können, das Potenzial haben, den lokalen Landschaftscharakter, die Landschaftsqualitäten und die Landschaftsleistungen in Ramosch grundlegend zu verändern. Wie für die Schweiz erwartet wird (Köllner et al. 2017), ist auch in Ramosch davon auszugehen, dass die durch den Klimawandel ausgelösten Risiken die Chancen überwiegen werden. Besonders nennenswert sind in diesem Zusammenhang veränderte saisonale Wasserverfügbarkeiten mit intensivierten Trockenperioden und Starkniederschlagsereignissen mit entsprechenden Konsequenzen für (Schutz vor) Naturgefahren, die Waldgesundheit und die landwirtschaftliche Produktion. Um bei veränderten klimatischen Rahmenbedingungen die Landschafts- und Ökosystemdienstleistungen in Ramosch zu erhalten, werden Anpassungsmassnahmen notwendig sein. Ohne Anpassungsmassnahmen ist mit einer starken Abnahme dieser Leistungen zu rechnen. Einige Anpassungsmassnahmen müssen langfristig geplant und verhältnismässig früh eingeleitet werden, damit sie erfolgreich sind. Ein Beispiel hierfür ist der Waldumbau (Bebi et al. 2016; Pluess et al. 2016). Welche Anpassungsmassnahmen umgesetzt werden, hat deutliche landschaftliche Konsequenzen, hängt gleichzeitig aber von zahlreichen Faktoren, wie beispielsweise den finanziellen Möglichkeiten, rechtlichen Rahmenbedingungen, politischen Entscheidungen und Strategien, betrieblichen oder persönlichen Entscheidungen, ab. Wie sich diese Faktoren in Zukunft entwickeln werden, lässt sich schwer modellieren und war im Rahmen dieser Masterarbeit nicht möglich. Daher wurde in der Masterarbeit ein breites Spektrum möglicher Massnahmen, die aus den heutigen Sektoralpolitiken abgeleitet wurden, dargestellt.

Das Ausmass der landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Falllandschaft lässt sich unterstreichen, indem die Auswirkungen auf die in der heutigen Landschaft nach Rodewald et al. (2014) identifizierten Landschaftsqualitäten (siehe Kapitel 6.1.1) dargelegt werden. Dabei werden sowohl die direkten landschaftlichen Auswirkungen, auf die im reaktiven Szenario der Fokus liegt als auch die indirekten, die im proaktiven Szenario mehr Gewicht erhalten, angesprochen.

Waldlandschaft: Der Klimawandel bedroht die Waldgesundheit des heutigen Waldes auf vielfältige Weise, zu nennen sind etwa Trockenheitsstress oder Schädlingsbefall (siehe Kapitel 5.2.2 und 5.3.6). Um die Waldgesundheit und die damit verbundenen Waldleistungen durchgehend zu erhalten, muss in Ramosch ein kontrollierter Waldumbau stattfinden, denn die heutigen Hauptbaumarten des Waldes sind nicht an die zu erwartenden Bedingungen angepasst (Interview L). Gelingt dieser Waldumbau rechtzeitig, wird sich das Erscheinungsbild des Waldes ändern, die Landschaftsqualitäten und Waldleistungen werden dennoch grösstenteils erhalten bleiben (Interview L). Gelingt der Waldumbau nicht rechtzeitig, sind die schonende und regionaltypische Waldbewirtschaftung, die standortgerechte einheimische Baumartenzusammensetzung, die Verbundenheit der Bevölkerung mit der Schutzfunktion des Waldes sowie das vielfältige ästhetische Erlebnis als Landschaftsqualität bedroht (Interviews L & Q). Weiter ist die Waldlandschaft durch den Klimawandel einem erhöhten Risiko für grossflächige Störungen ausgesetzt (Bebi et al. 2016; Brang et al. 2016), das sich teilweise durch eine angepasste Bewirtschaftung nur schwer verringern lässt (Interviews L & Q). Ein einleuchtendes Beispiel hierfür ist das Auftreten von Waldbränden, die sich kaum durch waldbauliche Massnahmen verhindern lassen, insbesondere in schwer zugänglichen Wäldern wie in Ramosch (Interviews L, Q & V). Solche Störungereignisse könnten den Wald in Ramosch grossflächig zerstören und somit die Qualitäten der Waldlandschaften über einen längeren Zeitraum zunichte machen.

Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt / Terrassenlandschaft: Welche landwirtschaftliche Nutzung in der Falllandschaft auf den Talflächen und an den Terrassenhängen unter Einfluss des Klimawandels möglich sein wird, hängt massgeblich von der Wasserverfügbarkeit und den eingerichteten technischen und organisatorischen Wasserverteilsystemen ab. Es kann davon

ausgegangen werden, dass verringerte saisonale Abflüsse und längere Trockenheitsperioden gemeinsam auftreten werden (BAFU 2021; NCCS 2018a) und durch die damit verbundene Zunahme der Bewässerungsbedürftigkeit von Kulturen für die landwirtschaftliche Nutzung in Ramosch herausfordernd sein werden (BAFU 2021; BLW 2011; Köllner et al. 2017). Um die genaue zukünftige saisonale Wasserverfügbarkeit in Ramosch abschätzen zu können, wären weitere hydrologische Untersuchungen notwendig. Als weitere Herausforderungen sind die Steigerung des Schädlingsdrucks, Starkniederschläge mit Auswaschung und Bodenerosion sowie Hitzestress für Kulturen und Tiere zu nennen (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; BAFU 2021; BLW 2011; Henne et al. 2018; Köllner et al. 2017; Schweizerische Eidgenossenschaft 2012). Hingegen können sich eine verlängerte Vegetationsperiode und wärmere Mitteltemperaturen positiv auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2016; Köllner et al. 2017). In Ramosch sind die von den Landwirtschaftsflächen ausgehenden Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen massgeblich von den ergriffenen Anpassungsmassnahmen an die veränderten Bedingungen abhängig. Diese beeinflussen namentlich, ob auf gewissen Flächen intensiviert und gleichzeitig auf anderen Flächen weniger intensiv bis gar nicht mehr bewirtschaftet wird oder ob mit Diversifizierung der Landwirtschaft versucht wird, auf die veränderten Bedingungen zu reagieren. Diese Anpassungsstrategien hängen einerseits mit klimatisch bedingten Möglichkeitsraum, andererseits von komplexen und vielschichtigen Entscheidungsprozessen auf betrieblicher, kantonaler und nationaler Ebene zusammen (BLW 2011). Um die Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen, die von den landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgehen, unter Einfluss des Klimawandels zu erhalten oder eventuell sogar zu verbessern, wäre es wichtig, die Landschaftsebene in Entscheidungsprozessen mitzudenken.

Flusslandschaft: Die Flusslandschaft in Ramosch wird heute intensiv durch die Wasserkraftgewinnung geprägt (Engadiner Kraftwerke AG 2022b; Engadiner Kraftwerke AG 2022a). Obwohl das Flusssystem nicht natürlich ist, weist die Landschaft Qualitäten wie Auenwälder, vielfältige Ökosysteme und extensiv genutzte Überflutungsgebiete auf. Mit den durch den Klimawandel veränderten hydrologischen Bedingungen, die sich besonders stark auf die saisonale Wasserverfügbarkeiten sowie Gewässertemperaturen auswirken (BAFU 2021; NCCS 2018a), ändert sich die Ausgangslage für die Flusslandschaft in Ramosch. Vielfältige Nutzungsansprüche kommen bereits heute zusammen und teilweise bestehen Konflikte zwischen diesen Ansprüchen (Interview K). Mit häufigeren hydrologischen Extremen muss deshalb davon ausgegangen werden, dass für einen Erhalt der Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen, die von der Flusslandschaft ausgehen, ein Aushandlungsprozess zwischen den verschiedenen Stakeholdern sowie die Umsetzung von Adaptionmassnahmen notwendig werden dürften.

Ländliche Dorf- und Weilerlandschaft und historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert: Die heutigen Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen, die von den ländlichen Dorf- und Weilerlandschaften und der historischen Kulturlandschaft von baukulturellem Wert in Ramosch ausgehen, werden vergleichsweise wenig durch den Klimawandel beeinflusst. Dies lässt sich damit begründen, dass diese stärker von den kollektiven Nutzungsgewohnheiten, lokalen Traditionen sowie dem Willen zur Erhaltung der kulturellen und der historischen Ablesbarkeit abhängig sind als von den klimatischen Rahmenbedingungen (Rodewald et al. 2014). Zwar ist es möglich, dass der Klimawandel indirekt auf diese Faktoren Einfluss nimmt, dieser Einfluss lässt sich jedoch schwer bis gar nicht abschätzen.

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass der Klimawandel die Falllandschaft Ramosch mit ihren regionalen Besonderheiten massgeblich verändern wird. Alle vorhandenen Landschaftskompartimente sowie alle Elemente der nach Rodewald et al. (2014) beschriebenen Kulturlandschaft, ausser die ländliche Dorf- und Weilerlandschaft und historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert, werden vom Klimawandel tiefgreifend und vielschichtig beeinflusst. Dabei spielen sowohl direkte Auswirkungen des Klimawandels wie auch Anpassungsmassnahmen in Ramosch eine zentrale Rolle. Die Risiken des Klimawandels auf die Landschaftsqualitäten und Landschaftsleistungen dominieren in der Falllandschaft.

8.4 Bewertungen der heutigen Landschaft und den Landschaftsvisualisierungen

Zur Beantwortung von Forschungsfrage 4, die danach fragt, wie unterschiedliche Akteursgruppen die heutige Landschaft sowie Visualisierungen möglicher Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels in Ramosch bewerten, wurden Workshops mit Primarschüler:innen der Schule Valsot, Geographiestudierenden der Universität Zürich und älteren Ramoscher:innen durchgeführt.

Während alle Akteursgruppen die heutige Landschaft in Ramosch überwiegend positiv beurteilten, indem sie viele verschiedene positive Landschaftscharakteristika nannten und die Landschaft auch auf der numerischen Skala mit hohen Werten beurteilten, bewerteten sie die Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität an den Klimawandel sehr negativ, indem sie zahlreiche Landschaftselemente nannten, die ihnen nicht gefallen, und die Landschaft auf der numerischen Skala mit tiefen Werten bewerteten. Die beiden Visualisierungen mit proaktiver und effektiver Adaptionsaktivität an den Klimawandel wurden in gewissen Aspekten, wie beispielsweise der grünen Farbe der Landschaft, den gedeihenden Wiesen, der erhaltenen Terrassenlandschaft, der Kleinteiligkeit der Landwirtschaft, der gleichbleibenden Dorfstruktur und der Abwesenheit von Waldbränden positiv beurteilt. Dabei fällt auf, dass viele dieser positiv beurteilten Aspekte in der heutigen Landschaft real vorhanden sind. Die negativ gewerteten Aspekte in diesen Landschaften umfassen beispielsweise die Trockenheit der Landschaft, die mangelhafte Waldgesundheit, den Waldbrand sowie die Bewässerungsanlagen und somit Aspekte, die in Bezug auf die Landschaftsvisualisierung mit rein reaktiver Anpassungsaktivität an den Klimawandel ebenfalls als negative Landschaftselemente genannt wurden. Insgesamt deuten die Analysen der Beurteilungen der heutigen Landschaft sowie der Visualisierungen möglicher Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels eindeutig darauf hin, dass die Auswirkungen des Klimawandels kaum zu einer Verbesserung, sondern höchstwahrscheinlich zu einer deutlichen Verschlechterung der wahrgenommenen Landschaftsqualität in Ramosch führen werden. Dies trifft insbesondere für ein Szenario mit rascher Klimaerwärmung und keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität an den Klimawandel zu. Mit proaktiven effektiven Adaptionsaktivitäten an die veränderten klimatischen Bedingungen kann vermutlich die Verschlechterung der wahrgenommenen Landschaftsqualität durch den Klimawandel reduziert werden, wobei die Ergebnisse aus den Workshops dennoch darauf hinweisen, dass die heutige Landschaft präferiert wird. Selbst wenn der Status Quo Bias – eine Wahrnehmungsverzerrung, die zu unverhältnismässigem Festhalten am Status Quo führt (Samuelson & Zeckhauser 1988) – einen Teil dieser Differenzen erklären kann, sind die Unterschiede in den Bewertungen der Landschaften derart gross und die geäusserten Emotionen gegenüber den Zukunftsvizualisierungen derart negativ und angstgeladen, dass damit kaum alle Unterschiede erklärt werden können. Eine Quantifizierung des Effekts des Status Quo Bias wäre jedoch von Interesse und könnte in weiteren Forschungsprojekten untersucht werden.

Beachtet man die spezifischen Beurteilungen und Reaktionen der befragten Akteursgruppen, gibt es einige bemerkenswerte Unterschiede. Erstens äusserten die beiden einheimischen Gruppen (die Primarschüler:innen und die älteren Ramoscher:innen) besonders deutlich den Wunsch, dass die Landschaft so bleibt wie sie ist. Die Primarschüler:innen reagierten insbesondere auf Veränderungen im Siedlungsgebiet stark negativ. So beurteilten sie sowohl die Klimalanlagen als auch die Fassadenbegrünungen stark negativ. Dieser Wunsch nach einer gleichbleibenden Landschaft wurde von den Studierenden nicht explizit geäussert. Dies ist möglicherweise auf die stärkere Verwurzelung der beiden einheimischen Gruppen in der heutigen Landschaft zurückzuführen; um dies zu bestätigen wären weiterführende Analysen notwendig. Während die älteren Ramoscher:innen sich nicht wirklich auf Diskussionen über mögliche Zukunftsszenarien einliessen, vermutlich, weil sie für sich persönlich keine lange Zukunft erwarten, reagierten die beiden jüngeren Altersgruppen bei der Betrachtung der Zukunftsvizualisierungen mit starken Bedenken bis hin zu Zukunftsängsten. Diese beiden Gruppen stellten ungefragt Hypothesen über die zukünftige Lebensqualität in den visualisierten Landschaften auf. Diese Hypothesen gingen von einer stark verminderten Lebensqualität aus. Die Studierenden zeigten sich in Bezug auf die Zukunft unter Einfluss des Klimawandels eher allgemein beunruhigt, während die Primarschüler:innen sich über ihre persönliche Zukunft in den visualisierten Landschaften besorgt zeigten. Einzelne Aussagen der Primarschüler:innen gingen so weit, dass sie ausdrückten, sich

lieber umzubringen, bevor sie den visualisierten Zustand der Landschaft erleben müssten. In Anbetracht dessen, dass diese Aussagen von in dieser Region lebenden Kindern stammen und diese mit grösserer Wahrscheinlichkeit (als andere Bevölkerungsgruppen) die Region Ende des Jahrhunderts erleben werden, dürfen diese Aussagen nicht ungehört bleiben. Vielmehr müssen dringende Appelle dahingehend erfolgen, dass alles Erdenkliche unternommen wird, damit diese Kinder "ihre" Landschaft nicht in diesem Zustand erleben müssen.

Alle befragten Akteursgruppen drückten ihre Präferenzen bezüglich Landschaften während den Workshops klar aus. Teilweise löste die Betrachtung der Visualisierungen möglicher Landschaften unter Einfluss des Klimawandels starke Gefühle und Emotionen aus. Zudem ermöglichten die Visualisierungen eine vertiefte Auseinandersetzung mit Landschaften und den Auswirkungen des Klimawandels, auch mit Akteursgruppen ohne nennenswertes Vorwissen zu Landschaften oder zum Klimawandel. Ausnahme bildete die Gruppe der älteren Ramoscher:innen, mit denen zwar durchaus eine Unterhaltung über Landschaften möglich war, nicht jedoch über die Auswirkungen des Klimawandels in der Zukunft. In Anbetracht dessen, dass der Klimawandel bereits Realität ist und sich in den nächsten Jahrzehnten bei allen RCPs weiter intensivieren wird (NCCS 2018), könnten Landschaftsvisualisierungen eine wertvolle Grundlage bieten, um einerseits Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels zu betreiben und andererseits, um partizipativ sinnvolle lokale Anpassungsmassnahmen an die veränderten Bedingungen zu identifizieren und deren Umsetzung voranzutreiben.

9 Schlussfolgerungen und Ausblick

9.1 Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf der integrierenden und integralen Landschaftsebene erfordert ein mehrstufiges methodisches Vorgehen, das erstens den aktuellen (sektoralen) wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Wirkungsweisen und Auswirkungen des Klimawandels, zweitens politische Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel und drittens regionale Besonderheiten berücksichtigt und konzeptionell integriert. So können sowohl die direkten als auch die indirekten Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt und dem komplexen Wirkungsgefüge zwischen Menschen und ihrer Umwelt, das sich auf der Landschaftsebene manifestiert, bestmöglich Rechnung getragen werden. Lokale Landschaften weisen als Analyseebene, insbesondere im Hinblick auf die Darstellung der Ergebnisse, einige Stärken auf. Erstens kann dadurch ein Beitrag zur Überwindung der aktuell dominierenden sektoralen Herangehensweise an die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels geleistet werden, indem regionale landschaftliche Besonderheiten und Charakteristika in der Analyse berücksichtigt werden. Dadurch wird methodisch anerkannt, dass Landschaften mehr als die Summe von Flächen und Elementen sind. Zweitens kann die Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf der lokalen Landschaftsebene die kognitive Herstellung der Verbindung zwischen der alltäglichen Lebenswelt und dem oftmals komplex und abstrakt auftretenden Klimawandel vereinfachen. Als Medien zur Darstellung der möglichen lokalen Auswirkungen des Klimawandels eignen sich Storylines zu Landschaftsveränderungen und Landschaftsvisualisierungen, zumal mit diesen, abstrakte Sachverhalte und komplexe Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels wenig abstrakt, verankert in einer lokalen Landschaft und trotzdem wissenschaftsbasiert aufgezeigt werden können.

Durch die konzeptionelle Einbettung der in der wissenschaftlichen Literatur beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels sowie den national verankerten Anpassungsstrategien an den Klimawandel in Wirkungspfaden innerhalb des konzeptionellen Systemmodells konnte unter Berücksichtigung des Wissens von Landschaftsexpert:innen aufgezeigt werden, dass zu erwarten ist, dass der Klimawandel erstens grossflächig auf Landschaften wirkt, zweitens lokal prägende landschaftliche Auswirkungen hat und drittens aufgrund zahlreicher Wechselwirkungen zwischen den Wirkungspfaden das Potenzial hat, bedeutende landschaftsrelevante Folgeeffekte auszulösen. Dadurch haben die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels das Potenzial, den Charakter von Landschaften grundlegend zu verändern und zahlreiche Landschaftsleistungen und -qualitäten wesentlich zu beeinflussen. Aus den Resultaten geht hervor, dass die Adaptionsaktivitäten an den Klimawandel eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf Landschaften haben können. Daher ist es sinnvoll, die landschaftlichen Konsequenzen von Anpassungsmassnahmen bei deren Planung mitzudenken. Einige Auswirkungen des Klimawandels wirken gesamtlandschaftlich, während andere spezifischere Landschaftskompimente betreffen.

Für die Falllandschaft Ramosch muss bei einer durchschnittlichen Erwärmung von 4 °C mit weitreichenden und vielschichtigen Veränderungen der Landschaft, der Landschaftsqualitäten und der Landschaftsleistungen gerechnet werden. Dabei überwiegen die zu erwartenden Risiken des Klimawandels die zu erwartenden Chancen. Um die Landschafts- und Ökosystemdienstleistungen in der Falllandschaft bei veränderten klimatischen Bedingungen auf heutigem Niveau zu erhalten, werden Anpassungsmassnahmen notwendig sein, die teilweise erheblichen finanziellen, organisatorischen und personellen Aufwand bedingen und oftmals langfristig geplant und frühzeitig eingeleitet werden müssen. Die Falllandschaft Ramosch wurde nach Rodewald et al. (2014) als «Ländliche Dorf- und Weilerlandschaft mit prägender Terrassenlandschaft, Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt, baukulturellem Wert sowie Elementen von Wald- und Flusslandschaften» klassifiziert. Aus den Analysen geht hervor, dass der Klimawandel das Potenzial hat, auf alle Elemente dieser Landschaft Einfluss zu nehmen, wobei der Einfluss auf die von der «Ländlichen Dorf- und Weilerlandschaft» und der «Landschaft von baukulturellem Wert» ausgehenden Landschaftsqualitäten am geringsten ist. Die von Terrassenlandschaft, Agrarlandschaft mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt, Wald- und Flusslandschaft ausgehenden Landschaftsqualitäten könnten durch den Klimawandel teilweise deutlich verändert werden.

Aus den Workshops mit den drei Akteursgruppen Primarschüler:innen der Schule Valsot, Studierende der Universität Zürich und ältere Ramoscher:innen zu ihren Bewertungen der heutigen Landschaft und Landschaftsvisualisierungen ging hervor, dass die wahrgenommene Landschaftsqualität in Ramosch durch die Auswirkungen des Klimawandels kaum verbessert und höchstwahrscheinlich deutlich verschlechtert wird. Dies gilt insbesondere für ein Szenario mit starkem Klimawandel und keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität an die veränderten klimatischen Bedingungen. Es kann davon ausgegangen werden, dass effektive Anpassungsstrategien an den Klimawandel und die erfolgreiche Umsetzung von Adaptionsaktivitäten dazu beitragen können, die Verschlechterung der wahrgenommenen Landschaftsqualität zu mildern.

9.2 Ausblick

Im Rahmen dieser Masterarbeit war die Anwendung des entwickelten methodischen Vorgehens nur für eine Falllandschaft, Ramosch im Unterengadin, möglich. Eine Anwendung auf andere Falllandschaften wäre wünschenswert, um Vergleiche zwischen Regionen zu ermöglichen und in weiteren Regionen die Grundlagen für die Sensibilisierung für die Auswirkungen des Klimawandels zu schaffen. Die Ergebnisse dieser Masterarbeit, die nicht spezifisch für die Falllandschaft ausgearbeitet wurden, könnten hierfür verwendet und zusätzlich ausgearbeitet werden.

In den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen konnte aufgezeigt werden, dass sich die Visualisierungen eignen, um mit verschiedenen Akteursgruppen mit unterschiedlichem Vorwissen einen Diskurs über Landschaften und insbesondere über die (lokalen) Auswirkungen des Klimawandels zu initiieren. Aus zeitlichen Gründen konnten die Storylines in den Workshops nicht bearbeitet werden. Da Storylines auch als geeignete Medien für Wissenschaftskommunikation mit Bezug auf den Klimawandel gesehen werden und sich somit für die Sensibilisierung unterschiedlicher Akteursgruppen eignen (Bloomfield & Manktelow 2021; Harris 2020; Moezzi et al. 2017; Morris et al. 2019), wäre es von grossem Interesse, geeignete methodische Vorgehen zu entwickeln, um mit verschiedenen Akteursgruppen mit den Storylines oder mit einer Kombination aus Storylines und Visualisierungen zu arbeiten. Sodann wäre es von dringlichem Interesse, die Storylines und Visualisierungen nicht nur zur Wissensvermittlung einzusetzen, sondern Vorgehen zu entwickeln, in denen die Storylines und Visualisierungen für transdisziplinäre und partizipative Prozesse zur Förderung der Mitigation des Klimawandels, einer adäquaten Anpassung an den Klimawandel und letztlich einer nachhaltigen Entwicklung eingesetzt werden. Hierfür sind die Storylines und Visualisierungen dank ihrem lokalen Fokus und ihrer Zugänglichkeit geeignet. In der Vorbereitung solcher Prozesse wäre es empfehlenswert zu untersuchen, wie mit allfälligen, durch Storylines und Visualisierungen ausgelösten, negativen Emotionen bestmöglich umgegangen werden kann, damit sie nicht lähmend, sondern befähigend wirken.

10 Literaturverzeichnis

10.1 Im Text zitierte Literatur

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports* 11 (5). 216 S.
- Arend, M., Braun, S., Buttler, A., Siegwolf, R. T. W., Signarbiewux, C. & Körner, C. (2016): Ökophysiologie: Reaktionen Waldbäumen auf Klimaänderungen. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. S. 77–92.
- Arts, B., Buizer, M., Horlings, L., Ingram, V., Van Oosten, C. & Opdam, P. (2017): *Landscape Approaches: A State-of-the-Art Review*. *Annual Review of Environment and Resources* 42 (1). S. 439–463. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060932>
- Backhaus, N. (2009): Ein Landschaftsmodell als Instrument zur Konfliktvermeidung. *Geosciences Actuel* 2009 (4). S. 36–39.
- Backhaus, N., Reichler, C. & StremLOW, M. (2007): *Alpenlandschaften: von der Vorstellung zur Handlung: thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt I „Prozesse der Wahrnehmung und Darstellung von Landschaften und Lebensräumen der Alpen“ [Synthesebericht NFP 48]*. vdf, Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich. 136 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2018): *Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung*. Umwelt-Wissen, 1812. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 108 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2021): *Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft*. Umwelt-Wissen, 2101. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 134 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt & MeteoSchweiz, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (2020): *Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand, 2013*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 105 S.
- Bebi, P., Bugmann, H., Lüscher, P., Lange, B. & Brang, P. (2016): Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 269–285.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012): Impacts of climate change on the future of biodiversity: Biodiversity and climate change. *Ecology Letters* 15 (4). S. 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Bloomfield, E. F. & Manktelow, C. (2021): Climate communication and storytelling. *Climatic Change* 167 (3–4). S. 34. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03199-6>
- BLW, Bundesamt für Landwirtschaft (2011): *Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft*. 46 S.
- Brang, P., Küchli, C., Schwitter, R., Bugmann, H. & Ammann, P. (2016): *Waldbauliche Strategien im Klimawandel*. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 341–364.
- Breuer, F., Muckel, P. & Dieris, B. (2018): *Reflexive Grounded Theory: eine Einführung für die Forschungspraxis*. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer, Wiesbaden. 457 S.
- Briner, S., Elkin, C., Huber, R. & Grêt-Regamey, A. (2012): Assessing the impacts of economic and climate changes on land-use in mountain regions: A spatial dynamic modeling approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 149, S. 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.12.011>
- Bürgi, M., Ali, P., Chowdhury, A., Heinimann, A., Hett, C., Kienast, F., Mondal, M. K., Upreti, B. R. & Verburg, P. H. (2017): *Integrated Landscape Approach: Closing the Gap between Theory and Application*. *Sustainability* 9 (8). S. 1371–1385. <https://doi.org/10.3390/su9081371>
- Bürgi, M., Hersperger, A. M. & Schneeberger, N. (2004): Driving forces of landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology* 19. S. 857–868.

- Cameron, E., Mearns, R. & McGrath, J. T. (2015): Translating Climate Change: Adaptation, Resilience, and Climate Politics in Nunavut, Canada. *Annals of the Association of American Geographers* 105 (2). S. 274–283. <https://doi.org/10.1080/00045608.2014.973006>
- Chu, H. & Yang, J. Z. (2018): Taking climate change here and now – mitigating ideological polarization with psychological distance. *Global Environmental Change* 53. S. 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.09.013>
- Council of Europe (2000): Council of Europe Landscape Convention as amended by the 2016 Protocol. European Treaty Series, 176.
- Dahlstrom, M., F. (2014): Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *PNAS* 111. S. 13614–13620. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320645111>
- Davies, T., Philips, P. & Warburton, J. (2013): Processes, Transport, Deposition and Landforms: Flow. In: Schroder, J. F. (Hrsg.): *Treaties on Geomorphology, Volume 7*. Academic Press, San Diego. S. 159–170.
- Dockerty, T., Lovett, A., Appleton, K., Bone, A. & Sunnenberg, G. (2006): Developing scenarios and visualisations to illustrate potential policy and climatic influences on future agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114. S. 103–120.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2015): *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 6. Auflage. Marburg, Germany. 72 S.
- Duttmann, R. (2020): Naturwissenschaftliche Zugänge zur Prozesshaftigkeit von Landschaft Ansätze der ökologischen Landschaftssystemforschung. In: Duttmann, R., Kühne, O. & Weber, F. (Hrsg.): *Landschaft als Prozess*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. S. 3–13. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30934-3>
- Duttmann, R., Kühne, O. & Weber, F. (2020): Landschaft als Prozess – eine Einführung. In: Duttmann, R., Kühne, O. & Weber, F. (Hrsg.): *Landschaft als Prozess*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. S. 17–68. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30934-3>
- East, A. E. & Sankey, J. B. (2020): Geomorphic and Sedimentary Effects of Modern Climate Change: Current and Anticipated Future Conditions in the Western United States. *Reviews of Geophysics* 58. 59 S. <https://doi.org/10.1029/2019RG000692>
- Elkin, C., Gutiérrez, A. G., Leuzinger, S., Manusch, C., Temperli, C., Rasche, L. & Bugmann, H. (2013): A 2 °C warmer world is not safe for ecosystem services in the European Alps. *Global Change Biology* 19 (6). S. 1827–1840. <https://doi.org/10.1111/gcb.12156>
- Ellis, E. C. (2015): Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs* 85 (3). S. 287–331. <https://doi.org/10.1890/14-2274.1>
- Engadiner Kraftwerke AG (2022a): Wasserrfassungen. <https://www.ekwstrom.ch/wasserrfassungen> (abgerufen am: 21.09.2022)
- Engadiner Kraftwerke AG (2022b): Zentrale Martina. <https://ekw.atelierleuthold.ch/anlagen/zentrale-martina.html> (abgerufen am: 21.09.2022)
- Farina, A. (2000): The Cultural Landscape as a Model for the Integration of Ecology and Economics. *BioScience* 50 (4). S. 313–320.
- Frehner, M., Brang, P., Kaufmann, G. & Kuchli, C. (2018): Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. *WSL Berichte*, 66. 43 S.
- Gailing, L. & Leibenath, M. (2012): Von der Schwierigkeit, „Landschaft“ oder „Kulturlandschaft“ allgemeingültig zu definieren. *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning* 70 (2). S. 95–106. <https://doi.org/10.1007/s13147-011-0129-8>
- Gemeinde Valsot (2022): Gemeinde Valsot. Portrait. <https://www.valsot.ch/de/portrait/zahlen-und-fakten.html/11> (abgerufen am: 20.09.2022)
- Gifford, R. (2011): The dragons of inaction: Psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. *American Psychologist* 66 (4). S. 290–302. <https://doi.org/10.1037/a0023566>
- Gobster, P. H., Nassauer, J. I., Daniel, T. C. & Fry, G. (2007): The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology? *Landscape Ecology* 22 (7). S. 959–972. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9110-x>
- Graf, U., Boch, S. & Bergamini, A. (2021): Abklärungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf Moore im Kanton Zürich. 30 S.
- Grainger, S., Mao, F. & Buytaert, W. (2016): Environmental data visualisation for non-scientific contexts: Literature review and design framework. *Environmental Modelling* 85. S. 299–318.

- Grêt-Regamey, A., Neuenschwander, N., Wissen Hayek, U., Backhaus, N. & Tobias, S. (2012): Landschaftsqualität in Agglomerationen. Fokusstudie des Nationalen Forschungsprogramms 54. 1. Auflage. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Bern. 90 S. <https://doi.org/10.3218/3430-1>
- Haeberli, W., Bütler, M., Huggel, C., Müller, H. & Schleiss, A. (Hrsg.) (2013): Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge - Chancen und Risiken. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich. 300 S. <https://doi.org/10.5167/UZH-85520>
- Harris, D. M. (2020): Telling Stories about Climate Change. *The Professional Geographer* 72 (3). S. 309–316. <https://doi.org/10.1080/00330124.2019.1686996>
- Helfferich, C. (2014): Leitfaden- und Experteninterviews. In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. S. 559–574. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_39
- Henne, P. D., Bigalke, M., Büntgen, U., Colombaroli, D., Conedera, M., Feller, U., Frank, D., Fuhrer, J., Grosjean, M., Heiri, O., Luterbacher, J., Mestrot, A., Rigling, A., Rössler, O., Rohr, C., Rutishauser, T., Schwikowski, M., Stampfli, A., Szidat, S., Theurillat, J.-P., Weingartner, R., Wilcke, W. & Tinner, W. (2018): An empirical perspective for understanding climate change impacts in Switzerland. *Regional Environmental Change* 18 (1). S. 205–221. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1182-9>
- Hermes, J., Van Berkel, D., Burkhard, B., Plieninger, T., Fagerholm, N., Von Haaren, C. & Albert, C. (2018): Assessment and valuation of recreational ecosystem services of landscapes. *Ecosystem Services* 31. S. 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.04.011>
- Hersperger, A.M. & Bürgi, M. (2007): Driving Forces of Landscape Change in the Urbanizing Limmat Valley, Switzerland. In: Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A. & Scholten, H.J. (Hrsg.): *Modelling Land-Use Change. Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, S. 45–60.
- Hersperger, A. M. & Bürgi, M. (2009): Going beyond landscape change description: Quantifying the importance of driving forces of landscape change in a Central Europe case study. *Land Use Policy* 26 (3). S. 640–648. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.08.015>
- Jackson, L. E., Wheeler, S. M., Hollander, A. D., O’Geen, A. T., Orlove, B. S., Six, J., Sumner, D. A., Santos-Martin, F., Kramer, J. B., Horwath, W. R., Howitt, R. E. & Tomich, T. P. (2011): Case study on potential agricultural responses to climate change in a California landscape. *Climatic Change* 109 (S1). S. 407–427.
- Johnson, C. E. & Germano, V. (2020): Evaluating the adaptive capacity of cultural landscapes to climate change: Incorporating site-specific knowledge in National Park Service vulnerability assessments. *Parks Stewardship Forum* 36 (1). S. 49–56.
- Kanton Graubünden (2022): Ständige Wohnbevölkerung nach Eckwerten, Gemeinden 2010-2021. https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/awt/statistik/Bevoelkerung/Seiten/Bevoelkerungsstand_und_-struktur.aspx (abgerufen am: 20.09.2022)
- Keller, R. & Backhaus, N. (2017): Wie sich zentrale Landschaftsleistungen stärker in Politik und Praxis verankern lassen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. Universität Zürich, Zürich. 93 S.
- Keller, R., Clivaz, M., Backhaus, N. & Reynard, E. (2019): Landschaftsleistungen in Landschaften von nationaler Bedeutung. Forschungsbericht mit Handlungsempfehlungen für Bund, Kantone, Gemeinden, NGOs und Bewirtschaftende. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. 81 S.
- Köllner, P., Gross, C., Lerch, J. & Nauser, M. (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. *Umwelt-Wissen* 1706. Bundesamt für Umwelt, Bern. 146 S.
- Leuch, B. A., Streit, K. & Brang, P. (2017): Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? *Merkblatt Praxis*. 12 S.
- Liu, Z. & Wimberly, M. C. (2016): Direct and indirect effects of climate change on projected future fire regimes in the western United States. *Science of The Total Environment* 542. S. 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.093>
- Manzo, L. & Devine-Wright, P. (Hrsg.) (2013): *Place Attachment: Advances in Theory, Methods and Applications*. Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9780203757765> 232 S.
- Markowitz, E. M. & Shariff, A. F. (2012): Climate change and moral judgement. *Nature Climate Change* 2 (4). S. 243–247. <https://doi.org/10.1038/nclimate1378>

- Mauch, C. (2004): Veränderungen des institutionellen Ressourcenregimes der Flandschaft der Fall Sent-Ramosch-Tschlin (GR): Pflege der alpinen Kulturlandschaft und ökologische Reproduktionsmassnahmen zur Aufrechterhaltung des Lebens- und Nutzungsraumes mittels institutioneller Ressourcenregime auf der Basis von Gemeinwerken, Allmendregeln und anderer kollektiver Zusammenarbeitsformen. Working paper de l'IDHEAP. 145 S.
- Mayring, P. (2014): Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. SSOAR, Klagenfurt. 143 S.
- McComas, K. & Shanahan, J. (1999): Telling Stories About Global Climate Change: Measuring the Impact of Narratives on Issue Cycles. *Communication Research* 26 (1). S. 30–57. <https://doi.org/10.1177/009365099026001003>
- Meier, S. (2014): Qualitative Inhaltsanalyse | Forschen im Praxissemester. <https://blogs.uni-paderborn.de/fips/2014/11/26/qualitative-inhaltsanalyse/> (abgerufen am: 20.09.2022)
- Millennium Ecosystem Assessment Program (2005): *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 S.
- Melnick, R. Z., Kerr, N. P., Malinay, V. & Burry-Trice, O. (2017): *Climate Change and Cultural Landscapes. A Guide to Research, Planning, and Stewardship*. Cultural Landscape Research Group, University of Oregon, Eugene, Oregon. 59 S.
- Moezzi, M., Janda, K. B. & Rotmann, S. (2017): Using stories, narratives, and storytelling in energy and climate change research. *Energy Research & Social Science* 31. S. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.06.034>
- Morris, B. S., Chrysochou, P., Christensen, J. D., Orquin, J. L., Barraza, J., Zak, P. J. & Mitkidis, P. (2019): Stories vs. facts: triggering emotion and action-taking on climate change. *Climatic Change* 154 (1–2). S. 19–36. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02425-6>
- Nassauer, J. I. (2012): Landscape as medium and method for synthesis in urban ecological design. *Landscape and Urban Planning* 106 (3). S. 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.014>
- Naveh, Z. & Lieberman, A. S. (1994): The Evolution of Landscape Ecology. In: Naveh, Z. & Lieberman, A. S. (Hrsg.): *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer, New York. S. 3–25. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2331-1_1
- NCCS, National Centre for Climate Services (2018a): CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. 271 S.
- NCCS, National Centre for Climate Services (2018b): CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz. 24 S.
- NCCS, National Centre for Climate Services (2021a): Umgang mit Naturgefahren. Informationen zu Auswirkungen des Klimawandels und Massnahmen in verschiedenen Sektoren. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/sektoren/umgang-mit-naturgefahren.html> (abgerufen am: 17.09.2022)
- NCCS, National Centre for Climate Services (2021b): Tourismus. Informationen zu Auswirkungen des Klimawandels und Massnahmen in verschiedenen Sektoren. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/sektoren/tourismus.html> (abgerufen am: 14.09.2022)
- Nicholson-Cole, S. A. (2005): Representing climate change futures: a critique on the use of images for visual communication. *Computers, Environment and Urban Systems* 29 (3). S. 255–273. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2004.05.002>
- Niedermair, M., Plattner, G., Egger, G., Essl, F. & Zika, F. (2011): Moore im Klimawandel. Studie des WWF Österreich, der Österreichischen Bundesforste und des Umweltbundesamtes. 24 S.
- Noetzli, J. & Phillips, M. (2019): Mountain Permafrost Hydrology. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. <https://doi.org/10.16904/SLF.1>
- Opdam, P., Luque, S., Nassauer, J., Verburg, P. H. & Wu, J. (2018): How can landscape ecology contribute to sustainability science? *Landscape Ecology* 33 (1). S. 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0610-7>
- PLANAT, Nationale Plattform Naturgefahren (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018. 24 S.
- Plieninger, T. & Bieling, C. (2012): Connecting cultural landscapes to resilience. In: Plieninger, T. & Bieling, C. (Hrsg.): *Resilience and the Cultural Landscape: Understanding and Managing Change in Human-Shaped Environments*. Cambridge University Press, New York. S. 3–26.

- Plieninger, T., Draux, H., Fagerholm, N., Bieling, C., Bürgi, M., Kizos, T., Kuemmerle, T., Primdahl, J. & Verburg, P. H. (2016): The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. *Land Use Policy* 57. S. 204–214.
- Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.) (2016): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. 1. Auflage. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 447 S.
- Rey, L., Hunziker, M., Stremlo, M., Arn, D., Rudaz, G. & Kienast, F. (2017): Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand 1641. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern & Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Rice, J. L., Burke, B. J. & Heynen, N. (2015): Knowing Climate Change, Embodying Climate Praxis: Experiential Knowledge in Southern Appalachia. *Annals of the Association of American Geographers* 105 (2). S. 253–262. <https://doi.org/10.1080/00045608.2014.985628>
- Ridding, L. E., Redhead, J. W., Oliver, T. H., Schmucki, R., McGinlay, J., Graves, A. R., Morris, J., Bradbury, R. B., King, H. & Bullock, J. M. (2018): The importance of landscape characteristics for the delivery of cultural ecosystem services. *Journal of Environmental Management* 206. S. 1145–1154. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.066>
- Rodewald, R., Schwyzer, Y. & Liechti, K. (2014): Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften. Grundlage zur Ermittlung von Landschaftsentwicklungszielen. Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP), Bern.
- Samuelson, W. & Zeckhauser, R. (1988): Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty* 1, (1). S. 7–59. <https://doi.org/10.1007/BF00055564>
- Schneeberger, N. (2007): Driving forces and rates of landscape change as a promising combination for landscape change research—An application on the northern fringe of the Swiss Alps. *Land Use Policy* 24. S. 349–361.
- Schneider, M., Homburger, H., Landolt, G., Imfeld-Müller, S. & Müller-Wahl, P. (2014): Alpweiden: Geprägt durch Mensch, Tier und Umwelt. In: Lauber, S., Herzog, F., Seidl, I., Böni, R., Bürgi, M., Gmür, P., Hofer, G., Mann, S., Raaflaub, M., Schick, M., Schneider, M. & Wunderli, R. (Hrsg.): Zukunft der Schweizer Alpwirtschaft. Fakten, Analysen und Denkanstöße aus dem Forschungsprogramm AlpFUTUR. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Forschungsanstalt Agroscope, Zürich-Reckenholz. S. 54–67.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2012): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. 66 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2017): BLN 1909 Piz Arina. Begründung der nationalen Bedeutung. 5 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. 164 S.
- Selman, P. (2012): Sustainable Landscape Planning. The Reconnection Agenda. Routledge, London. 176 S.
- Sheppard, S. R. J. (2012): Visualizing Climate Change: A Guide to Visual Communication of Climate Change and Developing Local Solutions. Routledge, London. 528 S. <https://doi.org/10.4324/9781849776882>
- Sheppard, S. R. J. (2015): Making climate change visible: A critical role for landscape professionals. *Landscape and Urban Planning* 142. S. 95–105.
- Speerli, J., Bachmann, A., Bieler, S., Schumacher, A. & Gysin, S. (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf den Sedimenttransport. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. 48 S.
- Steinmeier, C. (2013): CORINE Land Cover 2000 / 2006 Switzerland. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 30 S.
- Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (2014): Beispielgebiete zum Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz. Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP), Bern. 5 S.
- Swisstopo, Bundesamt für Landestopographie (2022): Swiss Geoportal. <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen am: 20.09.2022)
- Tasser, E., Leitinger, G. & Tappeiner, U. (2017): Climate change versus land-use change—What affects the mountain landscapes more? *Land Use Policy* 60. S. 60–72.

- Termorshuizen, J. W. & Opdam, P. (2009): Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology* 24 (8). S. 1037–1052.
<https://doi.org/10.1007/s10980-008-9314-8>
- Thomas, J. J. & Cook, K. A. (2005): *Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics*. United States. Department of Homeland Security. 184 S.
- Thompson, I. D., Flannigan, M. D., Wotton, B. M. & Suffling, R. (1998): The effects of climate change on landscape diversity: an example in Ontario forests. *Environmental Monitoring and Assessment* 49. S. 213–233.
- Van der Linden, S. (2014): Towards a new model for communicating climate change. In: Cohen, S., Higham, P., Peeters, P. & Gössling, S. (Hrsg.): *Understanding and governing sustainable tourism mobility. Psychological and behavioral approaches*. Routledge: Taylor and Francis Group, London. S. 263–295.
- Vervoort, J. M. & Kok, K. (2010): Stepping into futures: Exploring the potential of interactive media for participatory scenarios on social-ecological systems. *Futures* 42. S. 604–616.
- Wartmann, F. M., Frick, J., Kienast, F. & Hunziker, M. (2021): Factors influencing visual landscape quality perceived by the public. Results from a national survey. *Landscape and Urban Planning* 208. 10 S. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.104024>
- Wohlgemuth, T., Gallien, L. & Zimmermann, N. E. (2016): Verjüngung von Buche und Fichte im Klimawandel. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 117–135.
- Wu, J. (2013): Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology* 28 (6). S. 999–1023.
<https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Zimmermann, N. E., Schmatz, Dirk R., S., Gallien, L., Körner, C., Huber, B., Frehner, M., Küchler, M. & Psomas, A. (2016): In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 199–222.
- Zuazo, V. H. D. & Pleguezuelo, C. R. R. (2009): Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review. In: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S. & Alberola, C. (Hrsg.): *Sustainable Agriculture*. Springer Netherlands, Dordrecht. S. 785–811.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_48

10.2 Im konzeptionellen Systemmodell berücksichtigte wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen des Klimawandels

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports* 11 (5). 216 S.
- Arend, M., Braun, S., Buttler, A., Siegwolf, R. T. W., Signarbiewux, C. & Körner, C. (2016): Ökophysiologie: Reaktionen Waldbäumen auf Klimaänderungen. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. S. 77–92.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. *Umwelt-Wissen*, 2101. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 134 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt & MeteoSchweiz, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (2020): Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. *Umwelt-Zustand*, 2013. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 105 S.
- Bebi, P., Bugmann, H., Lüscher, P., Lange, B. & Brang, P. (2016): Auswirkungen des Klimawandels auf Schutzwald und Naturgefahren. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 269–285.
- Benateau, S., Gaudard, A., Stamm, C. & Altermatt, F. (2019): Climate change and freshwater ecosystems: impacts on water quality and ecological status. Hydro-CH2018 Project. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. 110 S.

- Bircher, N., Braun, S., Weber, P. & Thürig, E. (2016): Potenzielle Grundflächenveränderungen auf Bestandesebene im Klimawandel. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 157-176.
- Farinotti, D., Pistocchi, A. & Huss, M. (2016): From dwindling ice to headwater lakes: could dams replace glaciers in the European Alps? *Environmental Research Letters* 11. 10 S.
- Fuhrer, J., Smith, P. & Gobiet, A. (2014): Implications of climate change scenarios for agriculture in alpine regions — A case study in the Swiss Rhone catchment. *Science of The Total Environment* 493. S. 1232–1241.
- Graf, U., Boch, S. & Bergamini, A. (2021): Abklärungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf Moore im Kanton Zürich. 30 S.
- Haeberli, W., Schleiss, A., Linsbauer, A., Künzler, A. & Bütler, M. (2012): Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen: Perspektiven und Optionen im Bereich Naturgefahren und Wasserkraft. *Wasser Energie Luft* 104. (2). S. 93-102.
- Haeberli, W., Bütler, M., Huggel, C., Müller, H. & Schleiss, A. (Hrsg.) (2013): Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge - Chancen und Risiken. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich. 300 S. <https://doi.org/10.5167/UZH-85520>
- Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A. & Gattinger A. (2018): Boden und Umwelt – Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Boden. Thematische Synthese TS2 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68). 93 S.
- Henne, P. D., Bigalke, M., Büntgen, U., Colombaroli, D., Conedera, M., Feller, U., Frank, D., Fuhrer, J., Grosjean, M., Heiri, O., Luterbacher, J., Mestrot, A., Rigling, A., Rössler, O., Rohr, C., Rutishauser, T., Schwikowski, M., Stampfli, A., Szidat, S., Theurillat, J.-P., Weingartner, R., Wilcke, W. & Tinner, W. (2018): An empirical perspective for understanding climate change impacts in Switzerland. *Regional Environmental Change* 18 (1). S. 205–221. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1182-9>
- Köllner, P., Gross, C., Lerch, J. & Nauser, M. (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. *Umwelt-Wissen* 1706. Bundesamt für Umwelt, Bern. 146 S.
- Körner, C. & Spehn, E. (2016): Alpine Ökosysteme: In: Akademien der Wissenschaften Schweiz (Hrsg.) (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports* 11 (5). S. 96-99.
- Michel A., Råman Vinnå L., Bouffard D., Epting J., Huwald H., Schaepli B., Schmid M., & Wüest A. (2021): Evolution of stream and lake water temperature under climate change. Hydro-CH2018 Project. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. 71 S. doi:10.16904/envidat.207
- NCCS, National Centre for Climate Services (2018a): CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. 271 S.
- Niedermair, M., Plattner, G., Egger, G., Essl, F. & Zika, F. (2011): Moore im Klimawandel. Studie des WWF Österreich, der Österreichischen Bundesforste und des Umweltbundesamtes. 24 S.
- Noetzli, J. & Phillips, M. (2019): Mountain Permafrost Hydrology. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. <https://doi.org/10.16904/SLF.1>
- Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.) (2016): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. 1. Auflage. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 447 S.
- Pütz, M. (2016): Urbaner Raum. In: Akademien der Wissenschaften Schweiz (Hrsg.) (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports* 11 (5). S. 126-128.
- Råman Vinnå, L., Medhaug, I., Schmid, M. & Bouffard, D. (2021): The vulnerability of lakes to climate change along an altitudinal gradient. *Communications Earth & Environment* 2 (1). 35 S. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00106-w>
- Rebetez, M. & Lehmann Friedli, T. (2017): Tourismus. In: Akademien der Wissenschaften Schweiz (Hrsg.) (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports* 11 (5). S. 117-120.
- Schmid, M., Hunziker, S. & Wüest, A. (2014): Lake surface temperatures in a changing climate: a global sensitivity analysis. *Climatic Change* 124. (1–2). S. 301–315.

- Schneider, M., Homburger, H., Landolt, G., Imfeld-Müller, S. & Müller-Wahl, P. (2014): Alpweiden: Geprägt durch Mensch, Tier und Umwelt. In: Lauber, S., Herzog, F., Seidl, I., Böni, R., Bürgi, M., Gmür, P., Hofer, G., Mann, S., Raaflaub, M., Schick, M., Schneider, M. & Wunderli, R. (Hrsg.): Zukunft der Schweizer Alpwirtschaft. Fakten, Analysen und Denkanstösse aus dem Forschungsprogramm AlpFUTUR. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Forschungsanstalt Agroscope, Zürich-Reckenholz. S. 54–67.
- Speerli, J., Bachmann, A., Bieler, S., Schumacher, A. & Gysin, S. (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf den Sedimenttransport. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. 48 S.
- Sperisen, C., Pluess, A. R., Arend, M., Brang, P., Gugerli, F. & Heiri, C. (2016): Erhaltung genetischer Ressourcen im Schweizer Wald – heutige Situation und Handlungsbedarf angesichts des Klimawandels. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 367–383.
- Wohlgenuth, T., Gallien, L. & Zimmermann, N. E. (2016): Verjüngung von Buche und Fichte im Klimawandel. In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 117–135.
- Zimmermann, N. E., Schmatz, Dirk R., S., Gallien, L., Körner, C., Huber, B., Frehner, M., Kuchler, M. & Psomas, A. (2016): In: Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. S. 199–222.

10.3 Im konzeptionellen Systemmodell berücksichtigte Strategiedokumente zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz

- ARE, Bundesamt für Raumentwicklung (2013): Klimawandel und Raumentwicklung: Eine Arbeitshilfe für Planerinnen und Planer. 20 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2018): Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Umwelt-Wissen, 1812. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 108 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Umwelt-Wissen, 2101. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 134 S.
- BFE, Bundesamt für Energie (2020): Energiestrategie 2050. Erstes Massnahmenpaket. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050/erstes-massnahmenpaket.html> (abgerufen am: 2022-01-25)
- BLW, Bundesamt für Landwirtschaft (2011): Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft. 46 S.
- Frehner, M., Brang, P., Kaufmann, G. & Kuchli, C. (2018): Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Berichte, 66. 43 S.
- Köllner, P., Gross, C., Lerch, J. & Nauser, M. (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. Umwelt-Wissen 1706. Bundesamt für Umwelt, Bern. 146 S.
- NCCS, National Centre for Climate Services (2021): Sektorale Informationen. Wasserwirtschaft und Hydrologie. Waldwirtschaft. Landwirtschaft. Gesundheit. Energie. Tourismus. Umgang mit Naturgefahren. Biodiversitätsmanagement. Raumentwicklung und Stadtplanung. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/sektoren.html> (abgerufen am: 2021-12-21)
- PLANAT, Nationale Plattform Naturgefahren (2018): Umgang mit Risiken aus Naturgefahren. Strategie 2018. 24 S.
- Pluess, A. R., Augustin, S. & Brang, P. (Hrsg.) (2016): Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. 1. Auflage. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 447 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2012): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. 66 S.

- Schweizerischer Eidgenossenschaft (2017): Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 50 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2020): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. 164 S.
- SECO, Staatssekretariat für Wirtschaft & FIF, Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus, Universität Bern (2011): Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsoptionen. 64 S.

11 Anhang

Anhang 1: Begleitdokument zum Expert:inneninterview 4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel	100
Anhang 2: Leitfragebogen Interviews mit Landschaftsexpert:innen	105
Anhang 3: Codebuch Interviews mit Landschaftsexpert:innen	108
Anhang 4: Vorbereitungsdokument zum Interview Landschaften im Unterengadin im Klimawandel	114
Anhang 5: Übersicht über die Landschaftsbeurteilungen aus den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen	126

Anhang 1: Begleitdokument zum Expert:inneninterview 4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel

Vielen Dank, dass Sie sich bereit erklärt haben im Rahmen des Forschungsprojekts «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel» ein Expert:inneninterview zu geben. In diesem Dokument finden Sie zusammenfassende Informationen zum Projekt sowie einen Überblick darüber, wie das Interview ablaufen wird und welche Themen darin behandelt werden.

Informationen zum Forschungsprojekt

Projektbeteiligte

Das Projekt ist eine Kollaboration zwischen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, dem Interdisciplinary Centre for Mountain Research der Universität Lausanne (ICMR), der Fondation Jean-Marcel Aubert, der Global Mountain Biodiversity Assessment, der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz sowie Ikonaut GmbH.

Das Projekt wird vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziert.

Die folgenden Personen sind am Projekt beteiligt:

- Dr. Christophe Randin (Co-Projektleitung), Universität Lausanne und Fondation Jean-Marcel Aubert à Champex-Lac
- Dr. Silvia Tobias (Co-Projektleitung), WSL
- Dr. Matthias Bürgi (Modul 1), WSL
- Elena Siegrist (Modul 1), WSL
- Dr. Karina Liechti (Modul 1), Stiftung Landschaftsschutz Schweiz
- Dr. Davnah Urbach (Modul 2), Global Mountain Biodiversity Assessment
- Dr. Luca Bütikofer (Modul 2), Universität Lausanne
- Prof. Antoine Guisan (Modul 2), Universität Lausanne
- Prof. Emmanuel Reynard (Modul 2), Universität Lausanne
- Jonas Christen (Modul 3), Ikonaut GmbH

Projektüberblick

Das Forschungsprojekt «4 °C+ oder mehr: Landschaften im Klimawandel» untersucht die Auswirkung des Klimawandels auf ortstypische (Kultur-)Landschaften und deren Landschaftsleistungen. Die Sensibilisierung der breiten Bevölkerung für die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften ist ein prioritäres Teilziel des Forschungsprojekts, weshalb eine animierte Visualisierung dieser Auswirkungen Teil des Projektes ist.

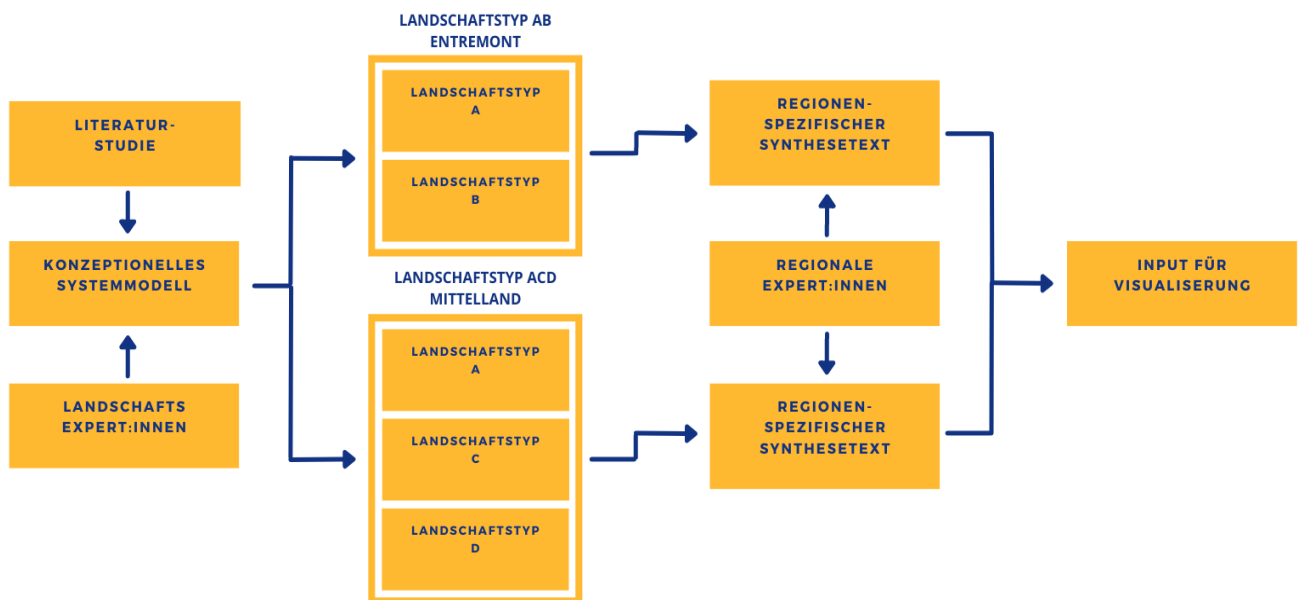
Nach den aktuellen Klimaszenarien für die Schweiz und für das 21. Jahrhundert (NCCS 2018) werden starke Veränderungen des Temperatur- und Niederschlagsregimes erwartet, die sich auf die Menschen, die natürlichen Ökosysteme, die Land- und Forstwirtschaft, die Naturgefahrensituation und schliesslich auf das Landschaftsbild auswirken werden. Während die sektoralen Auswirkungen des Klimawandels Gegenstand der Forschung sind, wurden die möglichen Veränderungen von Landschaften durch den Klimawandel bislang kaum thematisiert. Landschaft und ihre Vielfalt ist jedoch eine wichtige Ressource der Schweiz und ist eng mit einer guten Lebensqualität verbunden (Rey et al. 2017). Starke Veränderungen der ortstypischen Landschaften infolge des Klimawandels können gesellschaftliche und wirtschaftliche Nachteile nach sich ziehen (Köllner et al. 2017). Zudem zeigen viele der sektoralen Auswirkungen des Klimawandels Folgen, die sich nicht nur kombiniert, sondern auch interagierend, auf Landschaften auswirken (BAFU 2020). Ein integrales Verständnis der Auswirkung des Klimawandels auf Kulturlandschaften ist folglich für ein vertieftes Verständnis für die ökologischen und soziokulturellen Auswirkungen des Klimawandels zentral.

Das Projekt besteht aus drei Modulen:

- **Modul 1** hat zum Ziel, auf der Grundlage von Literatur und Expert:innenbefragungen regionenspezifische Synthesetexte von Landschaftsveränderungen unter Einfluss des Klimawandels zu entwickeln. Diese sollen unter Einbezug von regionalen Expert:innen für verschiedene Landschaftstypen differenziert und spezifiziert werden.
- **Modul 2** hat eine Quantifizierung und Verräumlichung dieser Szenarien für die Zeiträume 2050 und 2100 für die Bergregion Entremont und einer Region des Mittellandes anhand von Landschaftsprojektionen sowie biophysikalischen Indikatoren und Landschaftsdienstleistungen zum Ziel.
- Im **Modul 3** werden basierend auf den regionenspezifischen Synthesetexten von Modul 1 und den quantitativen Projektionen von Modul 2 Visualisierungen entwickelt.

Modul 1

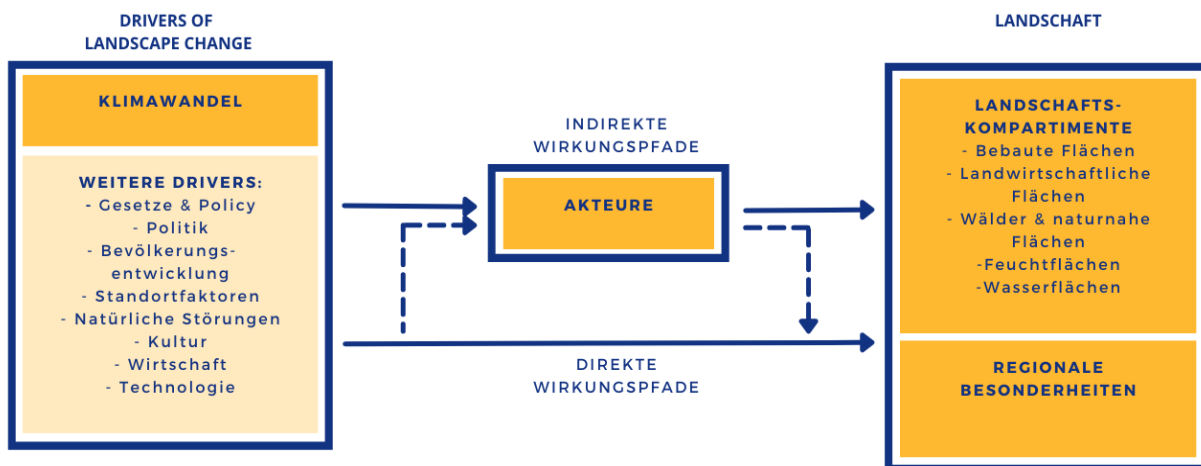
Dieses Expert:inneninterview wird im Rahmen von Modul 1 durchgeführt, deshalb wird nachfolgend etwas detaillierter auf dieses Modul eingegangen. Untenstehende Abbildung gibt einen Überblick über die Arbeitsschritte von Modul 1.



Eine erste Version des konzeptionelles Systemmodells der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften wurde basierend auf aktuellen Klimaszenarien und Forschungsliteratur erarbeitet. Die in der Literatur prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweiz wurden hierfür gesammelt und bezüglich ihrer Auswirkungen auf Landschaftselemente sortiert. Dabei wurden Angaben aus der Literatur zur Eintrittswahrscheinlichkeit, zur Stärke der Auswirkung und zum zeitlichen Ablauf des Prozesses, wo vorhanden, notiert. Im konzeptionellen Systemmodell werden sowohl direkte wie auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften berücksichtigt. Als direkte Auswirkungen des Klimawandels werden solche definiert, die Landschaften ohne menschliches Einwirken verändern können. Auswirkungen des Klimawandels, die erst durch veränderte menschliche Verhaltensweisen oder Landnutzungen Veränderungen der Landschaften bewirken, werden als indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften verstanden. Bei den indirekten Auswirkungen spielen folglich Akteure eine zentrale Rolle.

Untenstehende Abbildung zeigt die Konzeptualisierung der Interaktionen von Klimawandel, Akteuren und Landschaft, die dem konzeptionellen Systemmodell zugrunde gelegt wurde. Klimawandel wird als einer von mehreren Drivern für Landschaftsveränderungen verstanden (Bürgi et al. 2004). Akteure können folgende drei Funktionen einnehmen: (1) keine Reaktion auf eine Auswirkung des Klimawandels zeigen, (2) mit ihrem Handeln die direkte Auswirkung des Klimawandels beeinflussen, beziehungsweise abschwächen (Mitigation), (3) ihr Verhalten als Reaktion auf eine direkte Auswirkung des Klimawandels verändern (Anpassung). Landschaft wird gestützt auf das Modell «Die vier Pole der

Landschaftswahrnehmung» von Backhaus, Reichler und Stremlow (2007) als bestehend aus dem *physischen Pol*, der die Natur repräsentiert, dem *symbolischer Pol*, der die Kultur und die symbolische Bedeutungen von Landschaften und Objekten repräsentiert, dem *subjektiven Pol*, der den individuellen Wahrnehmungen von Landschaften Rechnung trägt, sowie dem *inter-subjektiven Pol* bei dem es um Fragen der geteilten Wertvorstellungen und Landschaftsgestaltung geht, verstanden (Backhaus 2009). Im konzeptionellen Systemmodell wird dem physischen Pol mit den Landschaftskompartimenten, also den verschiedenen Flächen, aus denen eine Landschaft besteht, Rechnung getragen. Mit den regionalen Besonderheiten von Landschaften werden der symbolische, der subjektive sowie der inter-subjektive Pol berücksichtigt. Mit den regionalen Besonderheiten soll zudem unterstrichen werden, dass Landschaften einzigartige Charakteristika aufweisen und sich der Klimawandel deshalb auf alle Landschaften unterschiedlich auswirken kann.



Damit das Projektteilziel einer animierten Visualisierung der Forschungsergebnisse erreicht werden kann, wird im konzeptionellen Systemmodell ein Augenmerk auf sichtbaren Auswirkungen des Klimawandels in der Landschaft gelegt, ohne dabei andere Auswirkungen zu vernachlässigen.

Da die bisherigen Forschungsergebnisse, auf denen das literaturbasierte Systemmodell basiert, grossmehrheitlich auf sektorale Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften fokussiert sind, kann davon ausgegangen werden, dass den Interaktionen zwischen verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften im konzeptionellen Systemmodell noch nicht genügend Rechnung getragen wurde. Deshalb werden mit Expert:innen mit einem gesamtheitlichen Landschaftsverständnis Interviews durchgeführt, um zu einem integralen Verständnis der Auswirkung des Klimawandels auf Landschaften zu gelangen und dieses im konzeptionellen Systemmodell wiederzuspiegeln. Zudem wurden im literaturbasierten konzeptionellen Systemmodell Wissenslücken zu einzelnen Effekten oder Wirkungsketten identifiziert und wo nötig werden den Expert:innen spezifische Fragen hierzu gestellt.

Nach den Expert:inneninterviews werden die Landschaftstypen der Fallregionen (Region Entremont und eine noch zu bestimmende Mittellandregion) charakterisiert und das konzeptionelle Systemmodell wird für diese Regionen spezifiziert und differenziert. So entstehen regionenspezifische Synthesetexte der Auswirkungen des Klimawandels auf die Landschaft. Damit die regionenspezifischen Besonderheiten in diesen regionenspezifischen Synthesetexten adäquat berücksichtigt werden können, wird mit regionalen Expert:innen eine zweite Runde Expert:inneninterviews durchgeführt. Die überarbeiteten regionenspezifischen Synthesetexte dienen schlussendlich als Input für die Visualisierungen im Modul 3.

Ablauf des Interviews

Überblick

- Offener Austausch zu Klimawandel und Landschaft
- Fragen zu Wirkungsketten im Kontext Klimawandel und Landschaft
- Spezifische Fragen zum Fachgebiet

Offener Austausch zu Klimawandel und Landschaft

Im ersten Teil des Interviews wird ein offener Austausch zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften stattfinden. Hier wird auf Ihre bisherigen Auseinandersetzungen und Berührungspunkte mit diesem Thema eingegangen.

Beispielfragen:

- *Haben Sie sich in Ihrer Arbeit / Forschung bereits explizit mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften auseinandergesetzt? Wenn ja, mit welchen Ergebnissen?*
- *Sind Ihnen Auswirkungen des Klimawandels in Ihrer Arbeit / Forschung implizit begegnet?*

Fragen zu Wirkungsketten im Kontext Klimawandel und Landschaft

Im zweiten Teil des Interviews werden wir Ihnen Fragen zu Wirkungsketten im Kontext der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, die wir im literaturbasierten konzeptionellen Systemmodell identifiziert haben, stellen. Hierfür haben wir im konzeptionellen Systemmodell vorhandene Wirkungsketten nach ihrer Landschaftsrelevanz klassifiziert. Zudem befragen wir Sie zu weiteren wichtigen Treibern von Landschaftswandel.

Beispielfragen:

- *In der Literatur zeigten sich folgende Auswirkungen des Klimawandels im Sektor XY als besonders landschaftsrelevant – Können Sie dies bestätigen, negieren, gewichten, ergänzen?*
- *Welche Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften würden Sie als die wichtigsten bezeichnen? z.B., weil sie grossflächig auftreten werden oder weil sie sehr einschneidende Veränderungen hervorrufen werden?*
- *Wie bereits besprochen, gibt es sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften und Akteure spielen daher eine wichtige Rolle. Welche Faktoren bewegen Akteure zu Mitigationsaktivitäten? Was treibt die Anpassung an die direkten Auswirkungen des Klimawandels an? Welche Rolle spielen Sektorpolitiken des Bundes?*
- *Wo wird es verstärkende / abschwächende Wechselwirkungen zwischen Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften geben?*
- *Der Klimawandel wird in Zukunft nicht der einzige grosse Driver von Landschaftsveränderungen sein. Im Hinblick auf die Visualisierung der Forschungsergebnisse stellt sich für uns die Frage, welche weiteren wichtige Driver für grosse Landschaftsveränderungen relevant seien. Welche werden, Ihrer Meinung nach, die wichtigsten Driver sein? (Anhand einer Liste)*

Spezifische Fragen zum Fachgebiet

Im dritten Teil des Interviews gehen wir vertiefter auf Ihr Fachgebiet und die darin verorteten Wirkungsketten im konzeptionellen Systemmodell ein. Fragen in diesem Teil könnten beispielsweise die Eintrittswahrscheinlichkeit von Effekten oder Wechselwirkungen zwischen Wirkungsketten betreffen.

Literaturverzeichnis

- BAFU, Bundesamt für Umwelt (2020): Klimawandel in der Schweiz. Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 2013: 105 S.
- Bürgi, M., Hersperger, A.M. & Schneeberger, N. (2004): Driving forces of landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology*, 19, pp. 857-868.
- Köllner, P., Gross, C., Lerch, J. & Nauser, M. (2017): Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. Bern: Bundesamt für Umwelt. Umwelt-Wissen Nr. 1706: 148 S.
- NCCS, National Centre for Climate Services (2018): CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. Technical Report. Zürich. 271 pp.
- Rey L., Hunziker, M., Stremlo, M., Arn, D., Rudaz, G. & Kienast, F. (2017): Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand Nr. 1641. Bern., Bundesamt für Umwelt, Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 72 S.

Anhang 2: Interviewleitfaden Interviews mit Landschaftsexpert:innen

Begrüssung

- Vorstellen
- Dank für die Zeit und Bereitschaft
- Erklären, dass es ein relativ offener Austausch ist
- Dauer 40 bis 60 min

Einverständnis Aufnahme

- Einverständnis einholen
- Klarstellen, dass wir keine Zitate ungefragt veröffentlichen, sondern es um den Erkenntnisgewinn für das Projekt geht

Erster Teil: Offener Austausch zu Klimawandel und Landschaft

Im ersten Teil des Interviews wird ein offener Austausch zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften stattfinden. Hier wird auf Ihre bisherigen Auseinandersetzungen und Berührungspunkte mit diesem Thema eingegangen. (Zudem befragen wir Sie zu weiteren wichtigen Treibern von Landschaftswandel.)

1A: Wir interessieren uns in unserem Projekt für die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, was sind Ihre ersten Gedanken dazu?

1B: Haben Sie sich in Ihrer Arbeit / Forschung bereits mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften auseinandergesetzt? Wenn ja, welche Auswirkungen des Klimawandels erwarten Sie für die Schweizer Landschaften?

1C: Welche Landschaften (z.B. Alpen vs. Mittelland) sind Ihrer Meinung nach am stärksten betroffen? Weshalb? Wie zeigen sich die Auswirkungen im Landschaftsbild?

Zweiter Teil: Fragen zu Wirkungsketten im Kontext Klimawandel und Landschaft

Im zweiten Teil des Interviews werden wir Ihnen Fragen zu Wirkungsketten im Kontext der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften, die wir im literaturbasierten konzeptionellen Systemmodell identifiziert haben, stellen. Hierfür haben wir die im konzeptionellen Systemmodell vorhandenen Wirkungsketten nach ihrer Landschaftsrelevanz klassifiziert und Wirkungsketten identifiziert, die in ihren Auswirkungen auf Landschaften besonders komplex sind und von vielen Faktoren abhängen.

2A: Auf Punkte (XY) eingehen, die beim offenen Austausch thematisiert wurden

- Auf welchen Landschaften wird sich XY besonders auswirken?
- Was beeinflusst die Eintrittswahrscheinlichkeit von XY?
- XY ist von Akteursentscheidungen abhängig. Wovon werden die Akteure beeinflusst?
- Hat die Adaptionspolitik des Bundes einen Einfluss auf XY?
- Haben Sie ein Beispiel einer Landschaft im Kopf, die sich sehr stark verändern wird?

2B: Beim Sektor XY kam in der Literatur XY besonders stark vor / zeigte sich als besonders landschaftsrelevant – bestätigen, negieren, gewichten, ergänzen? (nach konkreten Landschaften fragen)

Biodiversitätsmanagement	
Energie	Gebäudebegrünungen und Gehölzpflanzungen im Siedlungsbereich
Landwirtschaft	Anpassung an Trockenheit (Kulturen-, Sorten- und Standortwahl, Bodenbearbeitung) Neue Anbausysteme wie Agroforst Verlegung der Produktionsstandorte für gewisse Kulturen
Raumplanung und Stadtentwicklung	Raumplanerische Massnahmen in Städten: urbane Freiraumentwicklung, ökologische Infrastruktur, Ausrichtung Verkehrsachsen Bau von Infrastrukturen für neue erneuerbare Energien (räumliche Abstimmung) Ausdehnung Skigebiete in höhere Lagen landschaftsverträglich gestalten
Tourismus	Neue touristische Nutzungen und Ausbau des ganzjährigen Tourismus Auflösung Skigebiete
Umgang mit Naturgefahren	Hochwassermanagement (technische und raumplanerische Massnahmen) Technische Verbauungen, wo Schutzwirkung von Wäldern nicht aufrechterhalten werden kann
Waldwirtschaft	Baumartenwechsel fördern
Wasserwirtschaft	Mehrzwecknutzungen von Stauseen

Bebaute Flächen	Zunahme hochwasserbedingte Sachschäden Zunahme Sachschäden durch Massenbewegungen und Hanginstabilitäten Zunahme Extremereignisse im urbanen Raum
Feuchtflächen	Austrocknung Feuchtgebiete Moore sind resilient
Landwirtschaftliche Flächen	Zunahme Bewässerungsbedürftigkeit der Kulturen Abnahme Erntequalität und Erntequantität (Trockenheit, Schädlingsdruck, Extremereignisse, Hitzestress, Auswaschung/Bodenerosion) Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge (Qualität und Quantität) (wärmere Mitteltemperaturen, längerer Vegetationsperiode, abnehmende Frostschäden)
Naturnahe Flächen (weitere)	Abnahme Gletschervolumen Neue Lebensräume durch Gletscherrückzug Abnahme alpine Fläche (Waldgrenze)
Wälder	Steigende Mortalität von Waldbäumen (Trockenheit und Temperaturextreme) (punktuell!) Bestandeswachstum in höheren Lagen, Abnahme Waldgrundfläche in tiefen Lagen Zunehmende Störungen (Schädlinge, Waldbrände, Sturmschäden) Schutzwirkung verbessert kältelimitiert und verschlechtert trockenheitslimitiert
Wasserflächen	Neue Seen in Übertiefungen von ehemaligen Gletschern Saisonale Abflüsse und Wasserverfügbarkeit Niedrigwasser / Wasserknappheit Felssturzereignisse in Seen
Diverse	Weniger Schnee Zunahme Massenbewegungen, Murgänge, Hochwasser, Rutschungen, Hangmuren Negative (und positive) Veränderung der Artzusammenfassung und Lebensräume

2C: Welche Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften würden Sie als die wichtigsten bezeichnen? z.B., weil sie grossflächig auftreten werden oder weil sie sehr einschneidende Veränderungen hervorrufen werden?

- Welche Landschaften sind betroffen?
- Welche vorhandenen Flächen in den jeweiligen Landschaften sind betroffen?

2D: Wie bereits besprochen, gibt es sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften und Akteure spielen daher eine wichtige Rolle.

- Welche Adaptationsaktivitäten der Akteure werden die stärkste Wirkung haben? Wie werden sie im Landschaftsbild ersichtlich? In welchen Landschaften besonders?
- Was treibt die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels an? Welche Faktoren bewegen Akteure zu Adaptionsaktivitäten?
- Welche Rolle spielen Sektoralpolitiken des Bundes?

2E: Wenn Sie an alle Veränderungen denken, die wir angesprochen haben, was bedeuten diese für die Identifikation mit diesen Landschaften / für die Orientierung in einer Landschaft?

2E: Der Klimawandel wird in Zukunft nicht der einzige grosse Driver von Landschaftsveränderungen sein. Im Hinblick auf die Visualisierung der Forschungsergebnisse stellt sich für uns die Frage, welche weiteren wichtige Driver für grosse Landschaftsveränderungen relevant sind. Welche werden Ihrer Meinung nach die wichtigsten Driver sein?

Schluss

Ich bin am Ende meiner Fragen, gibt es noch etwas, das Sie von uns wissen möchten? Oder abschliessende Ergänzungen?

Dank für die Zeit und die vielen neuen Einblicke, Gedanken und Stossrichtungen.

Anhang 3: Codebuch Interviews mit Landschaftsexpert:innen

1 Auswirkungen des Klimawandels

1.1 Flächenunspezifische Auswirkungen

1.1.1 Gesundheitliche Auswirkungen für Menschen

1.1.2 Rückgang Schnee

1.1.3 Klimamigration

1.1.4 Staub

1.1.5 Landschaftscharakter

1.1.5.1 Novel landscapes

1.1.6 Vegetationsveränderungen, Beeinflussung von Organismen

1.1.6.1 Verschiebung der Vegetationsgürtel

1.1.6.2 Beziehungen zwischen Arten, phänologischer Missmatch

1.1.6.3 Neobiota / invasive Arten

1.1.6.4 Verlängerte Vegetationsperiode

1.1.6.5 Auswirkungen auf die Biodiversität

1.1.7 Farbliche Veränderungen

1.1.8 Shift ins pluviale Niederschlagsregime

1.1.9 Störungen

1.1.9.1 Extremwetterereignisse

1.1.9.2 Wind

1.1.9.3 Erhöhte Dynamik der Wettereinflüsse

1.1.9.4 Schadorganismen / Pilze / Krankheiten

1.1.10 Naturgefahren

1.1.10.1 Gravitative Sturzprozesse

1.1.10.2 Erosion

1.1.10.3 Murgänge / Erdrutsche

1.1.10.4 Hochwasser / Starkniederschläge

1.1.10.5 Hitzebelastung

1.1.10.6 Trockenheit

1.2 Flächenspezifische Auswirkungen

1.2.1 Diverse / Mischflächen

1.2.1.1 Hecken, Einzelbäume

1.2.2 Wasserflächen

1.2.2.1 Veränderter Grundwasserspiegel, Quellen

1.2.2.2 Fehlendes Wasser für Bewässerung

1.2.2.3 Wassernutzungskonflikte

1.2.2.4 Zunahme der Wassertemperatur

1.2.2.5 Saisonale Abflüsse

1.2.2.6 Veränderte Wasserqualität

1.2.3 Wälder

1.2.3.1 Windanfälligkeit

1.2.3.2 Kahlflächen

1.2.3.3	Expansion der Waldfläche
1.2.3.4	Waldleistungen
1.2.3.4.1	Diverse Anforderungen
1.2.3.5	Tiefgreifende Veränderungen der Waldvegetation
1.2.3.6	Verändertes Wachstum von Waldbäumen
1.2.3.7	Mortalität Waldbäume
1.2.3.7.1	Artspezifische Mortalität
1.2.3.8	Waldbrände
1.2.4	Naturnahe Flächen (weitere)
1.2.4.1	Gletscherschmelze
1.2.5	Landwirtschaftliche Flächen
1.2.5.1	Rebbauflächen
1.2.5.2	Konflikte zwischen Landwirtschaft und Naherholung
1.2.5.3	Ernteeinbussen (Quantität / Qualität)
1.2.5.3.1	Notreife
1.2.5.4	Auswirkungen auf Tiere
1.2.5.5	Auswirkungen auf Obstbäume
1.2.5.6	Zunahme der Bewässerungsbedürftigkeit
1.2.5.6.1	Landwirtschaft nur mit beträchtlichem Aufwand möglich
1.2.5.7	Veränderte Bodenfruchtbarkeit
1.2.6	Feuchtflächen
1.2.6.1	Austrocknung
1.2.7	Bebaute Flächen
1.2.7.1	Hitzeinseln / Hitzebelastung
1.2.7.2	Alpine Tourismusflächen
1.2.7.2.1	Existenzgrundlage gefährdet
1.2.7.2.2	Abnehmende Attraktivität
1.2.7.2.3	Beschneigung wird herausfordernder
1.2.7.3	Gärten
2	Driver Landschaftsveränderungen
2.1	Gesetzlicher Rahmen
2.2	Strukturwandel
2.3	Wirtschaftswachstum
2.4	Globale Stoffeinträge
2.5	Landnutzungswandel
2.6	Energiewende
2.7	Bevölkerungswachstum
2.8	Siedlung und Infrastruktur
2.9	Festgelegte Landnutzungen
3	Wertungen
3.1	Adaptionsmassnahmen wäre dringend nötig
3.2	Wenig sinnvolle Adaptionsmassnahme

3.3 Negative Verstärkung

3.4 Negativ(-es Potenzial)

3.5 Positiv(-es Potenzial)

3.6 Landschaftsrelevanz explizit

3.6.1 Tiefe Landschaftsrelevanz

3.6.2 Hohe Landschaftsrelevanz

3.6.2.1 3D Elemente

3.6.2.2 Farbe

3.7 Unsicherheiten

3.8 Gewichtung

3.8.1 Wenig gewichtig

3.8.2 Sehr gewichtig

4 Identifikation mit und Orientierung in einer Landschaft

4.1 Innere Landschaften

4.2 Heimat, Verortung, Verwurzelung durch Landschaft

4.2.1 Erfahrungshorizont

4.2.2 Landschaftliche Eigenart

4.3 Förderung von Akzeptanz in der Bevölkerung

4.3.1 Einbettung in Sinnhaftigkeit

4.3.2 Verankerung durch wahrgenommene Ästhetik

4.3.3 Utopie der Verantwortung für den eigenen Ort durch Veränderung

4.3.4 Schleichende Veränderung

4.3.5 Faszination

4.3.6 Ästhetik

4.3.7 Finanzielle Beteiligung

4.3.8 Vorbelastete Landschaften

4.4 Negative Auswirkungen auf Akzeptanz

4.4.1 Dystopie der unkontrollierten Veränderung

4.4.2 Veränderung, ungewohnt

4.4.2.1 Hohes Tempo der Veränderung

4.4.3 Steigende Kosten

4.4.4 Not in my backyard Phänomen

4.5 Veränderung ist ungewohnt

5 Hemmnisse von Adaptationsaktivitäten

5.1 Finanzielle Verluste

5.2 Normblockaden (z.B. Lieferverträge)

5.3 Gesetzliche Ausgangslage

5.4 Saisonalität Problem / Lösung

5.5 Distanz zwischen Problem und Lösung

5.6 Platzmangel, Konflikte um Landnutzung

6 Driver von Adaptionsaktivitäten

6.1 Finanzierung durch Tourismus

6.2 Bereitschaft für Veränderung / Problemlösung

6.3 Langfristige Planung

6.4 Pfadabhängigkeiten

6.5 Standorteigenschaften

6.6 Bildung und Dialog

6.7 Soziale Aspekte im Naturschutz berücksichtigen

6.8 Individuelle Entscheidungen

6.9 Politischer Handlungsrahmen

6.10 Verwaltung und Regierung mit grosser Verantwortung

6.11 Innovation

6.12 Markt

6.13 Dringlichkeit, zeitlich immanent, Krise, Bedrohungslage

6.14 Direkte Betroffenheit

6.14.1 Vehikel Landschaft

6.15 Subventionen, finanzielle Unterstützung

6.15.1 Klimaangepasste Subventionen

6.15.2 Subventionen mit Beratung

6.16 Partizipative Forschung

6.17 Einbussen von ecosystem services verhindern

7 Adaptionsaktivitäten

7.1 Adaptionsmassnahme explizit schon im Gange

7.2 Adaptionsmassnahme explizit noch nicht im Gange

7.3 Sektorenunspezifische Anpassungen

7.3.1 Veränderungen mit Offenheit begegnen

7.4 Sektorenspezifische Anpassungen

7.4.1 Wasserwirtschaft

7.4.1.1 Dezentrale Regenspeicher

7.4.1.2 Mehrzweckspeicher

7.4.1.3 Bewässerungsbecken

7.4.1.4 Revitalisierung

7.4.1.5 Beschattung von Gewässern

7.4.1.6 Mehr Platz für Gewässer

7.4.1.7 Nutzungseinschränkungen

7.4.2 Waldwirtschaft

7.4.2.1 Holz als Kohlenstoffsенke

7.4.2.2 Totholz nicht ausräumen

7.4.2.3 Diversität im Wald fördern

7.4.2.4 Baumartenförderung

7.4.2.4.1 Jungwaldpflege, Verbisschutz

7.4.2.4.2 Pflanzungen, assisted migration

7.4.2.4.3 Unterstützte natürliche Verjüngung

7.4.2.5 Verletzlichkeit des Waldes infolge Bewirtschaftung

7.4.3 Umgang mit Naturgefahren

7.4.3.1 Gefahrenzonen ausscheiden

7.4.3.2 Objektschutz

7.4.3.3 Schwammstadt

7.4.3.4 Organisatorische Massnahmen

7.4.3.5 Technische Bauten

7.4.3.5.1 Hochwasserrückhaltebecken

7.4.4 Tourismus

7.4.4.1 Snow Farming

7.4.4.2 Förderung von Wintersport

7.4.4.3 Reduzierter Wasserverbrauch

7.4.4.4 Anpassungen im Tourismusangebot

7.4.4.4.1 Abkehr vom Sommer-Winter-Dualismus

7.4.4.4.2 Sanfter Tourismus, Ökologisierung

7.4.5 Raumentwicklung und Stadtplanung

7.4.5.1 Planerische Tätigkeiten intensivieren

7.4.5.2 Versiegelung reduzieren

7.4.5.3 Blaue Infrastruktur

7.4.5.4 Grüne Infrastruktur

7.4.5.5 Planerische Kühlung der Siedlungsgebiete

7.4.6 Landwirtschaft

7.4.6.1 Verschiebung in höhere Lagen

7.4.6.2 Regionalvermarktung

7.4.6.3 Ökologisierung

7.4.6.4 Klimaangepasste Landwirtschaft

7.4.6.4.1 Jahreszeitliche Variabilität akzeptieren und versichern

7.4.6.4.2 Produkte mit Speichermöglichkeiten

7.4.6.4.3 Agroforestry

7.4.6.4.4 Extensiver Getreideanbau

7.4.6.4.5 Abkehr vom Futterbau

7.4.6.4.6 Fokus auf bodenbezogene Landwirtschaft

7.4.6.4.7 Neue / angepasste Kulturen und Sorten

7.4.6.4.8 Verschiebung der Kulturen

7.4.6.4.9 Veränderte Fruchtfolgen

7.4.6.5 Intensivierung

7.4.6.5.1 Technologisierte Landwirtschaft

7.4.6.5.1.1 Vertikale Landwirtschaft / Hors-Sol

7.4.6.5.1.2 Folientunnel / Gewächshäuser

7.4.6.5.1.3 Überdachung mit Fotovoltaik

7.4.6.6 Veränderte Bewässerung

7.4.7 Energie

7.4.7.1 Energieproduktion

7.4.7.1.1 Solar
7.4.7.1.2 Wasserkraft
7.4.7.1.2.1 Stauseen im ehemaligen Gletschervorfeld
7.4.7.1.3 Windkraft
7.5 Weitere Akteure
7.5.1 Gemüsebauer:innen
7.5.2 Waldeigentümer:innen
8 Betroffene Landschaft / Region
8.1 Schutzgebiete
8.2 Trockengebiete
8.3 Tessin / Süden
8.4 Kleinräumige Unterschiede
8.5 Jura
8.6 Alpen
8.6.1 Alpentäler
8.6.2 Alpine Flächen
8.6.3 Wallis
8.7 Mittelland
8.7.1 Norden der Schweiz
8.7.2 Periurbane Gebiete
9 Neuer Aspekt

Anhang 4: Vorbereitungsdokument zum Interview Landschaften im Unterengadin im Klimawandel

Vielen Dank, dass Sie sich bereit erklärt haben im Rahmen meiner Masterarbeit zu Landschaften im Unterengadin im Klimawandel ein Interview zu geben. In diesem Dokument finden Sie einen kurzen Überblick über meine Masterarbeit, Ausschnitte aus den Storylines zur Landschaftsveränderung in Ramosch unter Einfluss des Klimawandels sowie begleitende Fragen.

Überblick Masterarbeit

Meine Masterarbeit untersucht die Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in Ramosch im Unterengadin und deren Landschaftsleistungen. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die Arbeitsschritte meiner Masterarbeit gegeben.

In einem ersten Schritt wurde basierend auf aktuellen Klimaszenarien und Forschungsliteratur ein konzeptionelles Systemmodell der Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften in der Schweiz erarbeitet. Es wurden sowohl direkte wie auch indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften berücksichtigt. Als direkte Auswirkungen des Klimawandels werden solche definiert, die Landschaften ohne menschliches Einwirken verändern können. Auswirkungen des Klimawandels, die erst durch veränderte menschliche Verhaltensweisen oder Landnutzungen Veränderungen der Landschaften bewirken, werden als indirekte Auswirkungen des Klimawandels verstanden. Darauffolgend wurden Interviews mit Landschaftsexpert:innen geführt, in denen das konzeptionelle Systemmodell besprochen wurde. So konnte sichergestellt werden, dass ein gesamtheitliches Verständnis der Auswirkung des Klimawandels auf Landschaften erreicht wurde und die Auswirkungen nicht nur bezogen auf einzelne Flächen oder Sektoren verstanden wurden.

In Zusammenarbeit mit der UNESCO Biosfera Engiadina/Val Müstair wurde ein Standort in Ramosch ausgewählt, von dem es eine historische Fotografie von 1950 sowie eine Fotografie vom identischen Standort von 2021 gibt. Vom gleichen Standort sollen zwei bis drei Visualisierungen möglicher Landschaften Ende des 21. Jahrhunderts unter Einfluss des Klimawandel entstehen. Storylines der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Landschaften bilden die Basis für diese Visualisierungen. Sie sind als Spaziergang durch die Landschaft formuliert und zeigen einen Möglichkeitsraum der landschaftlichen Veränderungen auf, die durch den Klimawandel und die darauffolgenden gesellschaftlichen Anpassungen ausgelöst werden, auf. Die Storylines gehen von einer durchschnittlichen Erwärmung von 4 °C aus und spielen gegen Ende des 21. Jahrhunderts. Sie sind der Ausgangspunkt für die Diskussionen während dem Interview. Oft gibt es zu einem Landschaftselement mehrere Storylines, die mögliche Anpassungsstrategien reflektieren sollen und teilweise bewusst zwei Extreme darstellen sollen. Die Storylines dürfen im Interview gerne hinterfragt, ergänzt und kritisiert werden. Die Landschaftsfotografien von 1950 und 2021 werde ich Ihnen während dem Interview zeigen.

***Hinweis:** In den Storylines befinden sich Verweise zu Hintergrundinformationen (z.B. A040 oder Interview C). Falls Sie Zugang zu diesen Hintergrundinformationen haben möchten, dürfen Sie sich gerne bei mir melden.*

Storylines

Einleitung

Mit einer klimatischen Erwärmung von 4 °C und den damit verbundenen Adaptionenmassnahmen wird sich die Landschaft in Ramosch (Untere Engadin) deutlich verändern. Es werden andere Strukturmuster und eine andere Farbpalette sichtbar werden. Zwar wird sich die Region Ramosch schrittweise verändern und daher wird Zeit bleiben, um sich an die neuen landschaftlichen Besonderheiten zu gewöhnen, doch werden die Veränderungen den Charakter der Landschaft und die Möglichkeiten zur persönlichen Identifikation mit der Landschaft prägen. Der nachfolgende Text kann als Spaziergang durch das durchschnittlich rund 4 °C wärmere Ramosch gegen Ende des 21. Jahrhunderts verstanden werden. Bis zu diesem Zeitpunkt wird nicht nur der Klimawandel auf die Landschaft wirken; auch andere Einflüsse können sich massgeblich verändern. Diese werden aber in diesem Text nicht Thema sein. Veränderungen, die im Zuge der Mitigation der Klimaerwärmung angestoßen werden, werden teilweise angesprochen, sind aber nicht der prioritäre Fokus.

Ende Jahrhundert sind die Sommermonate Juni, Juli und August deutlich trockener. Zwar fällt an einem Regentag ähnlich viel Niederschlag wie bisher, aber regenfreie Tage werden häufiger. Die längste Trockenperiode des Sommers ist Ende des 21. Jahrhunderts bis zu 9 Tage länger als am Anfang des Jahrhunderts, also rund 20 Tage lang. Trockenperioden, die zwischen 1981 und 2010 durchschnittlich alle 10 Jahre auftraten, kommen Ende des 21. Jahrhunderts durchschnittlich jedes zweite Jahr vor. Es fällt in den Sommermonaten durchschnittlich 10 % weniger Regen. Trotz zunehmender Trockenheit sind auch Ende des Jahrhunderts extreme Niederschlagsereignisse problematisch. Der stärkste jährliche Eintagesniederschlag ist durchschnittlich 5 % stärker. Ein sehr seltenes Niederschlagsereignis, das etwa einmal in 100 Jahren vorkommt, ist durchschnittlich 18 % stärker. Trotz abnehmender Niederschlagssummen im Sommer sind einzelne Regenereignisse somit stärker und können erhebliche Kostenfolgen nach sich ziehen. Gleichzeitig ist die bodennahe Lufttemperatur im Durchschnitt in den Sommermonaten Juni, Juli und August 4 °C bis 7 °C wärmer als bisher. Der heisseste Tag im Jahr ist 3.5 bis 8.5 °C wärmer. Sehr heisse Tage, wie sie 1981-2010 durchschnittlich einmal jährlich auftraten, kommen nun an 14 bis 48 Tagen im Jahr vor. (NCCS 2018a & NCCS 2018b)

Beispielfragen:

- Können Sie sich vorstellen, dass der Klimawandel im Ramosch/im Untere Engadin Landschaftsveränderungen auslösen wird? Wenn ja, welche fallen Ihnen spontan ein?
- Denken Sie, Ramosch/das Untere Engadin könnte vom Klimawandel stark oder wenig stark von den Folgen des Klimawandels betroffen sein? Wieso?

Siedlungsraum und Tourismus

Unser Spaziergang beginnt bei der Bushaltestelle «Platz» in Ramosch. Das Dorf liegt auf rund 1200 m ü. M. etwas oberhalb der Talsohle am Sonnenhang und wird auf beiden Talseiten von 2'800 bis zu 3'300 m hohen Bergen flankiert. Durch das Tal fliesst der Inn. Es ist heiss und hat seit über zwei Wochen nicht mehr geregnet (NCCS 2018b). Wir spazieren durch das Dorfzentrum.

Variante 1 – Diversifiziertes touristisches Angebot, Dorf profitiert von Sommerfrische:

Das Dorf besteht aus vielen einzelnen, kleinen bis mittelgrossen Gebäuden – grössere Mehrfamilienhäuser findet man hier keine. Die Gebäude haben kein einheitliches Erscheinungsbild. Zum einen kommen wir an den historischen, meist dreigeschossigen und hellen Steinhäusern mit ihren, für den klassizistischen Stil der südlichen Alpenregionen typischen, relativ flachen Dächern vorbei. Die neueren Gebäude sind ebenfalls eher in helleren Farben gehalten, damit sie im Sommer kühler bleiben (B021). Zudem sind sie häufig mit begrünten Flachdächern und Balkonen versehen, weil die Begrünung bei Hitze kühlend wirkt (A001, B021). Viele Gebäude haben Solarpanels auf ihren Dächern. Die allermeisten Gebäude sind von einem Garten umgeben. Darin stehen häufiger als in den zwanzigzwanziger Jahren schattenspendende Bäume und in einigen Gärten sehen wir Froschteiche, denn die Menschen versuchen ihre Gärten möglichst als kühle Oasen zu gestalten (B036). Ab und zu kommen wir an grösseren Wiesen mit Obstbäumen innerhalb des Dorfes vorbei. Diese lichte Dorfstruktur mit vielen Grünflächen macht die Hitze erträglich und bietet den Menschen ein angenehmes Wohn- und Arbeitsklima (B021). Das Dorf ist in den letzten 50 Jahren etwas gewachsen, weil die in der Schweiz wohnhafte Bevölkerung, auch aufgrund der Klimamigration, angestiegen ist und mehr Personen das angenehmere Bergklima suchen und dank flexibleren Arbeitsmodellen nicht mehr gleich stark an die Zentren gebunden sind. Das Dorf gewinnt einen Teil seiner Einnahmen aus dem Tourismus und dem Gastgewerbe. Es wird auf ein diverses touristisches Angebot gesetzt, das für jede Saison eine passende Aktivität zu bieten hat, auch wenn im Winter häufig kein Schnee mehr fällt und die früher sehr beliebten Langlaufloipen nicht mehr betrieben werden (A001, A087, B023, B024). Insbesondere der Sommertourismus hat in der Region profitiert, weil die Menschen während den Hitzeperioden in den vergleichsweise kühleren Berggebieten die Sommerfrische suchen und aus den von Hitze geplagten Städten entkommen möchten (A040, A088, B026). Wir kommen am Dorfrand an einem touristisch genutzten traditionellen Haus vorbei. Oberhalb des Hauses wurde ein üppiger Kräuter- und Blumengarten angelegt, in dem eine Familie in einem Ferienkurs die Verwendung von Kräutern zur Herstellung einer eigenen Teemischung lernt (B024). Solche Angebote sind typisch für diese Region, denn es wird primär auf familiäre und lokale Angebote und kaum auf Massentourismus gesetzt. In der Landschaft sind folglich keine grossen Tourismusanlagen sichtbar und die bestehenden Angebote fügen sich unauffällig in die Dorfstrukturen ein. Wir spazieren in Richtung Inn und erreichen einen Zeltplatz, der in den zwanzigdreissiger Jahren errichtet wurde und über die Jahre hinweg stetig wuchs, um mit der steigenden Nachfrage mithalten zu können. Weil aber während diesem Ausbau auch viele neue Bäume gepflanzt wurden, um die Beschattung der Parzellen sicherzustellen, ist der Zeltplatz vom Dorf her kaum ersichtlich. (A088, B024).

Variante 2 – Abwanderung und wenig Tourismus: Sowohl der Winter- als auch der Sommertourismus in der Region haben gelitten. Im Winter fehlt die attraktive Winteratmosphäre, weil häufig kein Schnee liegt und es deutlich häufiger regnet als anfangs des Jahrhunderts. Zudem wurde die früher sehr beliebte Langlaufloipe geschlossen. Im Sommer ist es zwar in Ramosch kühler als im Mittelland, aber trotzdem trocken und heiss. Zudem hat die Attraktivität des Unterengadins im Sommer auch durch die intensivere Sommertrockenheit gelitten, denn die dominante Farbe hat von saftigem Grün zu Gelb gewechselt, weil die Vegetation unter der Trockenheit leidet (Interview C). Weiter führt die Trockenheit zu mehr Staubbildung, beispielsweise von unbefestigten Wegen und bei landwirtschaftlicher Bodenbearbeitung oder Bautätigkeit, was unangenehm ist (Interview B). Deshalb besuchen diejenigen Touristen, die die Sommerfrische suchen, eher Destinationen, die höher liegen und mehr Niederschlag erhalten. Im Dorf wurden kaum neue touristische Angebote geschaffen, welche die Attraktivität der Region erhöhen könnten. Daher ging die Anzahl Arbeitsplätze im

Dorf zurück und mehrere Gebäude im Dorf machen einen verlassenen Eindruck. Weil im Dorf weniger Menschen leben, sind auch viele Gärten ungepflegt und es wurden in den letzten Jahrzehnten kaum neue Gebäude gebaut. Im Siedlungsgebiet ist es noch wärmer als im umliegenden Gebiet, deshalb sehen wir an vielen Gebäuden die Kästen von Klimaanlage und an heißen Tagen sind die Menschen am liebsten in gekühlten Innenräumen.

Beispielfragen:

- In den Storylines werden diverse durch den Klimawandel ausgelöste Herausforderungen für den Siedlungsraum und den Tourismus genannt. Sind alle/einige dieser Herausforderungen in Ramosch/im Unterengadin bereits heute ein Thema? Welche Herausforderungen werden, Ihrer Meinung nach, durch den Klimawandel relevanter werden?
 - Hitze im Siedlungsraum
 - Einnahmeverluste im Wintertourismus
 - Attraktivitätsverlust der Region durch die fehlende Winteratmosphäre, Hitze und Trockenheit
- Gibt es weitere Herausforderungen, die im Siedlungsraum oder im Bereich Tourismus wegen des Klimawandels auftreten?
- Die Storylines unterscheiden grundsätzlich zwei Varianten:
 - Diversifiziertes touristisches Angebot, Dorf profitiert von Sommerfrische
 - Abwanderung und wenig TourismusWas sind Gründe, die für die unterschiedlichen Varianten sprechen? Was könnte dazu beitragen, dass eine Variante eher eintritt? (Allgemein, nicht auf einzelne Anpassungsmassnahmen bezogen)
- Gibt es Anpassungsmassnahmen, die Sie in Bezug auf den Siedlungsraum oder den Bereich Tourismus in Ramosch/im Unterengadin für besonders wahrscheinlich oder besonders unwahrscheinlich halten? Wieso?
- Gibt es etwas, was Ramosch/das Unterengadin speziell auszeichnet in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten Herausforderungen im Siedlungsgebiet oder im Bereich Tourismus oder im Umgang mit diesen?

Gewässer

Wir spazieren am rechten Flussufer dem Inn entlang. Der Inn und seine Zuflüsse werden wasserwirtschaftlich intensiv genutzt und es befinden sich im Einzugsgebiet mehrere Stauseen und Wasserfassungen (Engadiner Kraftwerke 2022). Flussaufwärts von Ramosch, in Pradella wird der Inn gefasst, weshalb der Abfluss des Inns in Ramosch stark vom Kraftwerk kontrolliert wird (Engadiner Kraftwerke 2022).

Variante 1 – Wasserknappheit mit Priorität für Gewässerökosystem: Dadurch, dass weniger Schnee fällt, Gletscher verschwunden sind und im Sommer häufig längere Trockenperioden auftreten, kommt es im Sommer häufig zu tiefen Pegelständen. Diese wirken sich negativ auf die Energieproduktion aus, weil sie unter Gewährleistung einer ausreichenden Restwassermenge nicht aufrechterhalten werden kann (A014, A039 & A081). Unser Weg führt uns weiter durch die alpine Auenlandschaft des Inns, die durch offene Kiesbänke, Weidengebüsche und montane Grauerlenwäldern geprägt ist (BAFU 2017). Der Fluss hat genügend Platz und bahnt sich seinen kurvigen und in mehrere Arme verzweigten Weg durch die Sedimentablagerungen. Die bewaldete Auenfläche spendet Schatten und hilft die Gewässertemperatur kühler zu halten, was für gewisse Arten und das Gewässerökosystem als Ganzes überlebenswichtig ist (Interview D, A023, B020). Zudem finden in der Auenflächen viele Tiere Unterschlupfmöglichkeiten und eine geeignete Nische zum Überleben (Interview D). Es sind Vogelstimmen und das Rascheln von Tieren hörbar. Die sommerliche Trockenheit ist deutlich sichtbar. Der Fluss führt wenig Wasser und der tiefe Wasserstand lässt den Fluss eher wie ein Bach aussehen. Am Rand des Flusses ist die offene Flusssohle sichtbar (A014, A039). Die Trockenheit setzt auch der Auenfläche zu (A046). Bei Niedrigwasser ist rechtlich klar geregelt wer dem Gewässer wie viel Wasser für verschiedene Zwecke, beispielsweise für die landwirtschaftliche Bewässerung, entnehmen darf. Es kann nämlich vorkommen, dass nicht alle Wassernutzungsbedürfnisse gedeckt werden können, weshalb eine Priorisierung nötig ist (B016, A039). Wir sehen mehrere Familien und Gruppen, die am Flussufer grillieren und sich teilweise im Gewässer abkühlen. Dank stark verbesserten Überwachungs- und Frühwarnsystemen und Notfallkonzepten kann das Flussufer von den Übernachtungsgästen und Dorfbewohnenden als Erholungsraum mit willkommenen Abkühlungsmöglichkeiten genutzt werden (B053, B054, B064, B030).

Variante 2 – Wasserknappheit mit Priorität für Energieversorgung: Dadurch, dass weniger Schnee fällt, Gletscher verschwunden sind und im Sommer häufig längere Trockenperioden herrschen, kommt es im Sommer häufiger zu tiefen Pegelständen, die sich negativ auf das Gewässerökosystem auswirken (A023). Da der Energieproduktion eine sehr wichtige Bedeutung zugeschrieben wird, darf bei gewissen Bedingungen die eigentlich vorgeschriebene Restwassermenge unterschritten werden. Dies ist im Moment der Fall und zudem wurden von Landwirtschaftsbetrieben viele Wasserentnahmesuche für die Bewässerung gestellt. Deshalb ist der Inn momentan lediglich ein Rinnsal. Am Ufer liegen einige tote Fische, es steigt ein unangenehmer Geruch in die Nase und das Flussgebiet wirkt allgemein wenig belebt (A023). Der Fluss bietet im Moment keinen attraktiven Erholungsraum, weshalb wir auf unserem Spaziergang am Fluss kaum anderen Leuten begegnen. Die Hochspannungsleitung, die rechts von unseren Köpfen gespannt ist, verdeutlicht die Bedeutung der Region für die Produktion von alternativen Energien zusammen.

Aber nicht nur die Spuren von Trockenheit, sondern auch diejenige von Hochwasser sind sichtbar. Die Intensität und Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen hat zugenommen (A020). Zudem fällt heutzutage mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee und fließt somit direkt ab. Dies hat die Hochwassersaison in alpinen Einzugsgebieten verlängert und im Frühsommer ist das Risiko einer Überlagerung von Schneeschmelze im Hochgebirge und intensiven Niederschlägen erhöht (A019, A020). Insgesamt führt dies zu häufigeren Hochwasserereignissen und in Gebirgsflüssen wurden Erosion und Materialumlagerungen verstärkt (A017, A020). Weiter haben die Abnahme des Gletschervolumens und der Permafrostrückzug im Hochgebirge zu einer höheren Sedimentverfügbarkeit geführt (A017). Die häufigeren Hochwasserereignisse und die höhere Sedimentverfügbarkeit haben zu einer Zunahme von Murgangereignissen in Wildbächen beigetragen

(A017). Der erhöhte Sedimenteintrag aus den umliegenden Wildbächen, beispielsweise aus Brancla und Assa, hat zu sichtbaren Sedimentablagerungen im Gerinne des Inns geführt und bei der Mündung der Brancla wurde der Flusslauf durch Geschiebeablagerungen um mehrere Meter nach orografisch rechts verschoben (A009). Das breite Bachbett mit der Auenfläche wirkt sich positiv auf das Risiko von Hochwasser- und Murgangschäden aus, weil der Inn genügend Platz hat (B020). Das Kieswerk etwas weiter flussabwärts profitiert vom erhöhten Sedimenteintrag. Wir blicken hinauf zu den Geröllflächen am Hang im Wald rechts des Inns. Bei vergangenen Starkniederschlagsereignissen bei bereits nassen Böden kam es hier bereits mehrmals zu grösseren Geschiebemobilisierungen, weshalb die mit Schutt bedeckten Flächen grösser wurden und der Wald stellenweise beschädigt wurde (A019, A020, A045).

Entlang des Flusses begegnen uns immer wieder Stellen, die von einer pink blühenden Pflanze bewachsen sind. Die Farbtupfer sehen zwar schön aus, sind aber problematisch, weil die Pflanze stark invasiv und durch die klimatischen Veränderungen besser an die aktuellen Bedingungen angepasst ist als andere einheimische Arten. Die Behörden haben daher Massnahmen ergriffen, um die weitere Verbreitung der Pflanze zu hemmen (A049, B061).

Beispielfragen:

- In den Storylines werden diverse durch den Klimawandel ausgelöste Herausforderungen für Gewässer genannt. Sind alle/einige dieser Herausforderungen in Ramosch/im Unterengadin bereits heute ein Thema? Welche Herausforderungen werden, Ihrer Meinung nach, durch den Klimawandel relevanter werden?
 - Niedrigwasser
 - Wassertemperatur
 - Hochwasser
 - Erhöhte Sedimentverfügbarkeit
- Gibt es weitere Herausforderungen, die in und an Gewässern wegen des Klimawandels auftreten?
- Die Storylines unterscheiden grundsätzlich zwei Varianten:
 - Wasserknappheit mit Priorität für Gewässerökosystem
 - Wasserknappheit mit Priorität für EnergieversorgungWas sind Gründe, die für die unterschiedlichen Varianten sprechen? Was könnte dazu beitragen, dass eine Variante eher eintritt? (Allgemein, nicht auf einzelne Anpassungsmassnahmen bezogen)
- Gibt es Anpassungsmassnahmen, die Sie in Ramosch / im Unterengadin in Bezug auf Gewässer für besonders wahrscheinlich oder besonders unwahrscheinlich halten? Wieso?
- Gibt es etwas, was Ramosch/ das Unterengadin speziell auszeichnet in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten Herausforderungen an Gewässern oder im Umgang mit diesen?

Landwirtschaft

Wir überqueren den Inn und folgen dem Wanderweg zu den landwirtschaftlich genutzten Flächen in der relativ flachen Talsohle.

Variante 1 – Fokus auf Wiesenbewirtschaftung: Der Wanderweg führt an bewässerten Wiesen vorbei, die zur Futterproduktion genutzt werden. Die Klimaerwärmung, die kürzere oder teilweise nicht vorhandene Schneebedeckung sowie eine verlängerte Vegetationsperiode ermöglichen in vielen Jahren eine intensivere Nutzung mit mehr Schnitten als Anfang Jahrhundert (A001, A052). Da die Tierhaltung und Futterproduktion im Mittelland durch die grössere Hitzebelastung und den intensivierten Trockenheitsstress schwieriger geworden ist, hat die Futtermittelproduktion und Tierhaltung im alpinen Raum an Bedeutung gewonnen (A042, A073). Jedoch ist die Produktion in vielerlei Hinsicht auch hier aufwändiger geworden. Viel mehr Wiesenstandorte müssen heute bewässert werden, es muss regelmässiger und intensiver bewässert werden und die Bewässerungsinfrastruktur musste entsprechend angepasst werden (A027, B017). Die bewässerten Flächen erscheinen in frischem saftigem Grün und die Bewässerung stellt sicher, dass genügend Futter für die Tiere bereitsteht (B017). Wir kommen an einer Wiese vorbei, die nicht mehr landwirtschaftlich genutzt wird. Die Nutzung von Wiesen, die nicht über Bewässerungsinfrastruktur verfügen, weil das Wasser nicht für alle Bedürfnisse ausreicht, wurde aufgegeben, während die bewässerten Felder intensiver genutzt werden. Auf der unbewirtschafteten Wiese sind viele trockenheitsliebende Arten zu finden, die auf bewässerten Wiesen keine Chance haben, was für die Biodiversität positiv ist. Es gibt regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung, die eine faire Verteilung des verfügbaren Wassers anstreben (B017). Trotzdem kommt es in extremen Trockenjahren immer wieder zu Konfliktsituationen, weil nicht genügend Wasser zur Deckung aller Bedürfnisse, wie Trinkwasser, Energieproduktion und Bewässerung, vorhanden ist. Beispielsweise kam es letztes Jahr deswegen zu grossen Ernteeinbussen und zu Engpässen bei der Futterproduktion. Das fehlende Futter musste zu teuren Preisen zugekauft werden. Wir erreichen einen Stall, der momentan leer ist, weil das Vieh auf der Alp weidet. Wir spazieren den Hang zur Motata hinauf. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die durch Hecken reichlich strukturiert ist. Die Terrassen werden, ähnlich wie in den zwanzigzwanziger Jahren, als extensive bis mittel-intensive Mähwiesen genutzt (BAFU 2017). Zwar ist diese Nutzung arbeitsintensiv, doch wegen der gesteigerten Wichtigkeit der alpinen Regionen für Tierhaltung und Futterproduktion sowie dank den Subventionen für die Pflege einer BLN-Fläche (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) ergibt die Nutzung für die Landwirt:innen Sinn.

Variante 2 – Diversifizierung der Landwirtschaft: Der Wanderweg führt durch ein Mosaik von bewässerten Wiesen und Feldern. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts bis Mitte des 21. Jahrhunderts wurde im Unterengadin nur auf sehr wenigen Flächen Ackerbau betrieben und die landwirtschaftliche Nutzung beschränkte sich grösstenteils auf den Futterbau und die Viehhaltung (BAFU 2017). Ab Mitte des 21. Jh. erlebte der Ackerbau in der Region einen erneuten Aufschwung. Dieser Aufschwung lässt sich einerseits mit den verbesserten Bedingungen für Ackerbau vor Ort, eine Abnahme der Schneebedeckungsdauer und der Frostschäden sowie wärmere Mitteltemperaturen und einer längeren Vegetationsperiode begründen (A001, A052, A054). Andererseits spielten die, durch die intensivierte sommerliche Wasserknappheit und den zunehmenden Hitzestress verursachten, Ernteeinbussen eine Rolle, welche die ganze Schweiz, aber ganz besonders das Mittelland, betreffen (A068, A041). Die Standorteignung gewisser Kulturen hat sich verändert und deren Anbau wurde im Mittelland aufwändiger – hier im Alpenraum sind sie vergleichsweise weniger aufwändig (B032). Wir spazieren an einem Roggenfeld, einem Kartoffelfeld und einer Wiese vorbei. Viel mehr Kulturen müssen heute bewässert werden und es muss regelmässiger und intensiver bewässert werden. Daher musste die Bewässerungsinfrastruktur entsprechend angepasst werden (A027, B017). Es gibt regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung, die eine faire Verteilung des verfügbaren Wassers anstreben (B017). Trotzdem kommt es in extremen Trockenjahren immer wieder zu Konfliktsituationen, weil nicht genügend Wasser für die Deckung aller Bedürfnisse, wie Trinkwasser, Energieproduktion und Bewässerung, vorhanden

ist. Beispielsweise kam es letztes Jahr deswegen zu grossen Ernteeinbussen und zu Engpässen bei der Futterproduktion. Obwohl es dieses Jahr auch trocken ist, reicht das Wasser aktuell noch für eine Bewässerung. Beim Spaziergang durch die Agrarlandschaft fällt auf, dass zwischen den unterschiedlichen landwirtschaftlichen Kulturen mehr Hecken, Bäume und Blühstreifen, die zwecks Windschutzes, Schatten, Förderung von Nützlingen und Biodiversität errichtet wurden, stehen (B034). Viele Schädlinge profitieren von den wärmeren Bedingungen und neue Schadorganismen konnten inzwischen über den Alpenkamm einwandern (A051). Die Schadorganismen können beträchtliche Schäden anrichten und deshalb hat der Schädlingsschutz in der Landwirtschaft an Bedeutung gewonnen (A051). Um nicht immer mehr Pflanzenschutzmittel einsetzen zu müssen, haben Blühstreifen und Landschaftselemente zur Förderung von Nützlingen eine wichtige Bedeutung erhalten (B025, B034). Wir erreichen ein Feld, das anders aussieht wie die Vorherigen. Hier wird Agroforestry, eine alternative Anbaumethode, die den Anbau von Feldfrüchten oder Gemüse mit Bäumen verbindet, betrieben. Im Feld vor uns wächst Getreide unter dem Schatten von Nussbäumen. Die Nussbäume spenden dem Getreide Schatten und halten die Feuchtigkeit zurück. So sind die Kulturen besser gegen Trockenheit gewappnet und die Äpfel können zusätzlich geerntet und verkauft werden (B029 & Interview G). Die Bäume sehen in der Landschaft attraktiv aus (Interview C). Am Rand des nächsten Feldes stehen Bienenstöcke. Verschiedene Landwirtschaftsbetriebe sind den veränderten klimatischen Bedingungen mit unterschiedlichen Strategien begegnet, was einerseits zu einer diversifizierten Landschaft geführt und andererseits die Resilienz der gesamten landwirtschaftlichen Produktion gegenüber Störungen erhöht hat. Wir spazieren den Hang zur Motata hinauf. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die durch Hecken reichlich strukturiert ist. Die Terrassen werden im Vergleich zur Nutzung am Anfang des Jahrhunderts deutlich intensiver genutzt und einige traditionelle Bewässerungskanäle, die zerfallen waren, wurden wieder in Betrieb genommen. Die Terrassen werden zum einen als Mähwiesen genutzt. Denn obwohl die Alpweiden als Futterquelle an Bedeutung gewonnen haben und eine längere Alpungsdauer möglich ist, muss das Futter kompensiert werden, das durch die ackerbauliche Nutzung der Talflächen nicht mehr produziert werden kann (A073, A074). Zum anderen findet auf einigen Terrassen Getreideanbau statt. Diejenigen Terrassen, die für den Getreideanbau genutzt werden, wurden verbreitert, damit sie besser befahrbar sind. Um eine intensivere Nutzung der Terrassenflächen zu ermöglichen, wurde das Gebiet mit mehr Strassen erschlossen. Die intensivere Nutzung stellt zwar den Erhalt der Terrassen sicher, jedoch sind die Wiesen heute von weniger Arten bewachsen und erscheinen deshalb weniger farbenfroh.

Variante 3 – Landwirtschaft verliert an Bedeutung: Der Wanderweg führt durch trockene Wiesen hindurch. Weil es kaum effektive, regional koordinierte Vorgehensweisen zur Wasserverteilung gibt und die Bewässerungsinfrastruktur nicht an die veränderten Bedingungen angepasst wurde, gab es immer wieder Jahre, in denen die Ernte wegen der Trockenheit zu einem grossen Teil ausfiel (A041). Deswegen wurden viele Betriebe aufgegeben und der Stellenwert der Landwirtschaft hat sich in der Region minimiert. Viele Wiesen sind folglich trocken und gelb und weisen klare Zeichen der Versteppung auf, also trockene vegetationslose Stellen mit Staubbildung. Auf diesen Stellen haben Wind und Wasser den Oberboden stark erodiert und die Nährstoffe wurden grösstenteils ausgewaschen (A071). Wir spazieren den Hang zur Motata hinauf. Hier befinden wir uns in der berühmten Terrassenlandschaft, die als Landschaft nationaler Bedeutung gilt (BAFU 2017). Wegen diesem Status unterliegen die Ackerterrassen mehreren Schutzziele (BAFU 2017). Inzwischen fehlen aber die nötigen Landwirtschaftsbetriebe für deren Unterhalt, weshalb immer mehr Büsche und Bäume auf den Ackerterrassen zu finden und die Terrassen in der Landschaft nicht mehr gut sichtbar sind. Jedoch sind auf den verbleibenden Wiesen viele trockenheitsliebende Arten zu finden, die bei einer intensiveren Nutzung keine Chance hätten, was für die Biodiversität positiv ist.

Beispielfragen:

- In den Storylines werden diverse durch den Klimawandel ausgelöste Herausforderungen für die Landwirtschaft genannt. Sind alle/einige dieser Herausforderungen in Ramosch/im Unterengadin bereits heute ein Thema? Welche Herausforderungen werden, Ihrer Meinung nach, durch den Klimawandel relevanter werden?
 - Trockenheit
 - Erhöhte Bewässerungsbedürftigkeit
 - Notwendigkeit regional koordinierter Vorgehensweisen zur Wasserspeicherung und Wasserverteilung
 - Erosion und Auswaschung durch Starkniederschläge
- Gibt es weitere Herausforderungen, die in der Landwirtschaft wegen des Klimawandels auftreten?
- Die Storylines unterscheiden grundsätzlich drei Varianten:
 - Fokus auf Wiesenbewirtschaftung
 - Diversifizierung in der Landwirtschaft
 - Landwirtschaft verliert an BedeutungWas sind Gründe, die für die unterschiedlichen Varianten sprechen? Was könnte dazu beitragen, dass eine Variante eher eintritt? (Allgemein, nicht auf einzelne Anpassungsmassnahmen bezogen)
- Gibt es Anpassungsmassnahmen in der Landwirtschaft, die Sie in Ramosch / im Unterengadin für besonders wahrscheinlich oder besonders unwahrscheinlich halten? Wieso?
- Gibt es etwas, das Ramosch/das Unterengadin speziell auszeichnet in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten Herausforderungen in der Landwirtschaft oder im Umgang mit diesen?

Wald

Von der Motata setzen wir unseren Weg in Richtung des Waldes oberhalb des Dorfes fort. Im Wald angekommen geniessen wir den Schatten, denn inzwischen brennt die Nachmittagssonne heiss. Wir folgen dem Wanderweg weiter in den Wald hinein. Der Wald ist ein Schutzwald und soll den Siedlungsraum und die Infrastruktur daher vor verschiedenen Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag oder Rutschung schützen. Während Anfang des 21. Jahrhunderts die Lawinenschutzfunktion in subalpinen Wäldern noch zentral war, hat diese Funktion an Bedeutung verloren, weil weniger Schnee fällt und folglich die Anzahl kritische Tage für im Wald anreissende Lawinen abgenommen hat (A001). Hingegen hat der, durch den Klimawandel ausgelöste, Rückzug des Permafrosts das Risiko für Murgänge erhöht (A017). Zudem sorgen die höheren Temperaturen und steigenden Schneefallgrenzen dafür, dass mehr Niederschlag in Form von Regen anstelle von Schnee fällt, was zu einem vergrösserten Risiko von flachgründigen Rutschungen, Hangmuren und Bodenerosion führt (A045). Deshalb sind die Schutzfunktionen des Walds gegenüber Murgängen, Rutschungen und Erosion verstärkt in den Vordergrund gerückt (B069).

Variante 1 – Waldumbau fand nicht rechtzeitig statt: Beim Durchqueren des Waldes fallen immer wieder grössere Flächen ohne Bäume auf. Der Wald ist zwar auch hier grün, weil Sträucher und Jungbäume den Boden bedecken, aber die ausgewachsenen Bäume fehlen komplett und der Wald wirkt weniger wie ein Wald als eine Buschfläche. Weil die schattenspendenden Bäume fehlen, ist es hier wärmer als im Rest des Waldes (A036 & A031). Auch dort wo der Wald gesund und grundsätzlich wie gewohnt aussieht, fallen immer wieder Einzelbäume auf, die ungesund wirken. Die steigende Mortalität von Waldbäumen scheint besonders Fichten zu betreffen (A031). Fichten sind seit langer Zeit eine der Hauptbaumarten in diesem Wald. Fichten sind aber besonders anfällig für Trockenheit und weil wir uns an einem trockenheitslimitierten Standort befinden, sieht der Wald insgesamt ungesund aus und leidet unter einem Absterben der Hauptbaumarten (A034). Gesunde Bäume sind im Wald trotzdem noch vorhanden. Es sind vor allem die, für die Region charakteristischen, Lärchen, die noch gedeihen (Wegmann & Wegmann 2009). Wir dringen weiter in den Wald vor und erreichen an einer exponierten Hanglage ein Stück Wald, das kürzlich wegen starkem Schädlingsbefall grösstenteils gerodet werden musste, um einen Befall der restlichen Waldfläche möglichst zu verhindern (A036). Verschiedene Schädlinge profitieren von den wärmeren Temperaturen und von der Trockenheit (A036). Die Aufräumarbeiten sind noch nicht abgeschlossen und wir können deshalb nicht den ursprünglich geplanten Weg nehmen und müssen einen Umweg laufen. Doch auch die Alternativroute ist unwegsam, weil sie durch ein Rutschgebiet führt. Hier stehen die Bäume schief, der Boden ist von grossen Unebenheiten und Rissen übersät und der Weg wurde durch die Rutschung teilweise um rund einen halben Meter versetzt, was zu grösseren Stufen führt (A045). Da der Wald kahler und stellenweise massiv beschädigt ist, ist die Schutzwirkung des Waldes stark beeinträchtigt (A038). Wir kommen an einer Stelle vorbei, wo dieser verminderten Schutzwirkung mit technischen Bauten begegnet wird (B045). Der Wald sieht auch aus der Ferne verändert aus, weil die kahlen Stellen von weit her sichtbar sind.

Variante 2 – Waldumbau fand rechtzeitig statt: Der Wald, in dem wir den Hang hinauf wandern, sieht auf den ersten Blick so aus, als hätte er sich durch den Klimawandel nicht gross verändert. Wir sehen vereinzelt Bäume, die ungesund wirken oder gar abgestorben sind (A031); im Gesamtbild wirkt der Wald jedoch dicht und gesund. Beim genauen Hinschauen fällt auf, dass sich die Baumartenzusammensetzung verändert hat. So sind im Wald beispielsweise weniger Fichten und mehr Tannen, Lärchen und Laubbäume zu finden (B008, Wegmann & Wegmann 2009). Diese Bäume sind den längeren Trockenperioden besser gewappnet. Der höhere Laubholzanteil ist farblich deutlich erkennbar, weil der Wald im Frühling und Sommer in helleren Grüntönen zu sehen ist und im Winter teilweise braun ist (Interview A). Der Baumartenwechsel konnte stattfinden, weil entsprechende Pflegemassnahmen im Wald durchgeführt wurden, um diejenigen Baumarten bereits vor einigen Jahrzehnten zu fördern, die dem heutigen Klima und insbesondere den häufiger werdenden Trockenperioden gut angepasst sind (B008). Zudem findet man im Wald weniger ältere grosse Bäume, weil diese störungsanfälliger sind (B014). Die Pflege von alpinem Schutzwald muss sehr genau auf die Bedingungen des jeweiligen Standorts abgestimmt sein, um bestmöglich auf die klimatischen

Bedingungen und die Schutzansprüche angepasst zu sein (B008). Wir kommen an einem Stück Wald vorbei, das eingezäunt ist. Der Zaun dient der Abwehr von Wildhuftieren, die schwere Verbissschäden anrichten können. Im umzäunten Gebiet können junge Bäume aufwachsen, die sonst keine Chance hätten und die gut an das heutige Klima angepasst sind (Interview A). Eine solche Umzäunung ist zwar effektiv, aber auch sehr teuer und kann deshalb bei weitem nicht flächendeckend angewendet werden (Interview A). Im vorliegenden Fall wurde ein kleines Stück Wald gerodet, weil es von Borkenkäfern befallen war. Diese und andere Schädlinge profitieren von den wärmeren Temperaturen und der Trockenheit (A036). Das Waldstück wird nun neu aufgeforstet. Mit Frühwarnsystemen wird sichergestellt, dass ein Schädlingsbefall frühestmöglich erkannt und ausgebremst werden kann, was zur Gesundheit des Waldes als Ganzes beiträgt (B043). Bei einer kurzen Trinkpause kommt eine Herde Ziegen auf uns zu. Die Tiere weiden die Kraut- und Strauchschicht ab, damit der Wasserverbrauch im Wald reduziert werden kann und die Leistungen des Schutzwaldes so besser erhalten werden können (B008).

Wir kommen aus dem Wald hinaus und erreichen die Strasse Richtung Vnà von woher wir eine schöne Rundumsicht auf Ramosch, den Terrassenhang, den Inn sowie die umliegenden Berge haben. Am Hang des Piz Ajüz sehen wir, dass sich die Waldgrenze im letzten hundert Jahren nach oben verschoben hat, weil Wachstumslimitierungen durch Kälte abgenommen haben. Der Wald hat folglich an vielen Orten im Tal an Fläche zugenommen und die alpine Fläche ist kleiner geworden (A032, A057). Wir sehen aber auch einen Wald, von dem rund die halbe Fläche niedergebrannt ist (A036). Es ist eine schwarze Fläche mit einzelnen emporragenden verkohlten Baumstämmen zu sehen. Die Fläche ist durch die fehlende Bewaldung besonders anfällig für Erosion, was das Risiko für oberflächliche Rutschungen und Murgänge erhöht (A036). Die Waldbrandgefahr ist auch diesen Sommer durch die anhaltende Trockenheit in weiten Teilen der Schweiz sehr hoch und fast überall herrscht ein Feuerverbot. Obwohl die Forstbetriebe natürliche Feuerbarrieren im Wald fördern, die Waldstruktur so gestalten, dass das Feuerrisiko sinkt und brennbares Astmaterial zügig abführen oder zerkleinern, damit es rasch abgebaut wird, kommt es durch ungünstige Windverhältnisse und menschliche Fehler immer mal wieder zu Waldbränden, deren Spuren in der Landschaft über mehrere Jahre hinweg sichtbar sind und die Einbussen der Schutzfunktion des Waldes mit sich bringen (B042, A036). Hoch oben bei den Gipfeln sind Spuren der Permafrostdegradation sichtbar. Diese hat zu Instabilitäten an den Hängen geführt, weshalb es zu mehreren Sturzereignissen kam, die sichtbare Spuren in der Landschaft hinterlassen haben (A016).

Wir spazieren die Strasse hinab ins Dorf, wo wir auf den nächsten Bus warten, um nach Hause zu fahren.

Beispielfragen:

- In den Storylines werden diverse durch den Klimawandel ausgelöste Herausforderungen für den Wald genannt. Sind alle/einige dieser Herausforderungen in Ramosch/im Unterengadin bereits heute ein Thema? Welche Herausforderungen werden, Ihrer Meinung nach, durch den Klimawandel relevanter werden?
 - Trockenheit
 - Schädlingsbefall
 - Waldbrand
- Gibt es weitere Herausforderungen, die im Wald wegen des Klimawandels auftreten?
- Die Storylines unterscheiden grundsätzlich in zwei Varianten:
 - Waldumbau fand nicht rechtzeitig statt
 - Waldumbau fand rechtzeitig stattWas sind Gründe, die für die unterschiedlichen Varianten sprechen? Was könnte dazu beitragen, dass eine Variante eher eintritt? (Allgemein, nicht auf einzelne Anpassungsmassnahmen bezogen)
- Gibt es Anpassungsmassnahmen, die Sie in Ramosch / im Unterengadin für besonders wahrscheinlich oder besonders unwahrscheinlich halten? Wieso?
- Gibt es etwas, was Ramosch/das Unterengadin speziell auszeichnet in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten Herausforderungen im Wald oder im Umgang mit diesen?

Anhang 5: Übersicht über die Landschaftsbeurteilungen aus den Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen

Tabelle 18, Tabelle 19, Tabelle 20 und Tabelle 21 geben eine vergleichende Übersicht über die im Rahmen der Workshops zu den Landschaftsvisualisierungen abgegebenen Beurteilungen der heutigen Landschaft und der verschiedenen Landschaftsvisualisierungen durch die Primarschüler:innen der Primarschule Valsot, die Studierenden der Universität Zürich und die älteren Ramoscher:innen. In diesen Tabellen deuten Zahlen in Klammern auf Mehrfachnennungen hin, es gilt jedoch zu beachten, dass diese Zahlen aufgrund der verschiedenen Teilnehmerzahlen und leicht unterschiedlichen Abläufe der Workshops zwischen den Akteursgruppen nicht vergleichbar sind.

Tabelle 18: Übersicht über die Bewertungen der heutigen Landschaft der verschiedenen Akteursgruppen

	Primarschüler:innen Valsot n=31	Studierende UZH n=15	Ältere Ramoscher:innen n=4
Charakteristische Merkmale der Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Aussicht • Berge (5) • Hügel, La Motta • Schluchten • Terrassen • Viele Bäume (2) • Inn, Aue (3) • Dorf Ramosch • Kirche Ramosch, Kirchturm (3) • Bauernhöfe • Schulgebäude (3) • Friedhof (2) • Burgruine Tshanüff (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alpine Landschaft • Berggipfel • Wald • Murgangsspuren, Erdbeben mit Sedimentablagerungen • Grasflächen, Wiesen • Terrassenlandschaft • Siedlung und Strassen • Hochspannungsleitungen • Geräusche: Traktoren, Motorsägen, Bewässerungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ramosch ist die trockenste Gegend im Engadin • Weniger, dafür grössere Landwirtschaftsbetriebe mit grösseren Maschinen im Vergleich zu früher (2) • Kaum Kartoffelfelder, einige Getreidefelder • Terrassen (2) • Kirche • Das eigene Zuhause
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Berge (3) • Aussicht (3) • Tiere (2) • Natur • Bäume/Wald • Wiesen und Blumen (2) • Inn, Nähe zum Inn (3) • Schluchten • Wolken • Stall (=das eigene Zuhause) • Friedhof • Burg (2) • Keine Hochhäuser • Kein Verkehrslärm, sondern Vogelstimmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Grosse zusammenhängende Waldfläche • Sehr friedliche Stimmung • Ort der Entspannung 	<ul style="list-style-type: none"> • Berge (2) • Wald • Wiesen • Gleichbleibende Landschaft
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person nicht gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Abfall, der manchmal herumliegt (3) • Lawinen (noch nie eine gesehen) • Borkenkäferbefall und dass man danach die Bäume fällen muss • Es hat kein Meer • Man kann nicht im Fluss schwimmen • Luxushäuser 	<ul style="list-style-type: none"> • Zerschneidung des Waldes durch die Hochspannungsleitung «zerstört das Landschaftsbild» 	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinelle landwirtschaftliche Bewirtschaftung
Geäusserte Gefühle oder Stimmungen, die durch die Betrachtung der Landschaft ausgelöst werden	<ul style="list-style-type: none"> • Begeistertes einstimmiges «Ja!» auf die Frage, ob Ihnen die Landschaft gefällt 	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr friedliche Stimmung • Ort der Entspannung 	<ul style="list-style-type: none"> • «Gefällt mir, ist schön» • «Mir gefällt es so wie es ist, ich studiere nicht an Veränderungen der Zukunft.»

Tabelle 19: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Adaptionsaktivität der verschiedenen Akteursgruppen.

	Primarschüler:innen Valsot n=31	Studierende UZH n=15	Ältere Ramoscher:innen n=4
Erkannte Landschafts- veränderungen im Vergleich zur heutigen Landschaft	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgetrocknete Vegetation (3) • Inn führt weniger Wasser (3) • Wald sieht ungesund aus (3) • Waldbrand und Löschhelikopter (5) • (Schutz-) Wald an einigen Stellen weg, Verbauungen (2) • Klimaanlagen (4), spezifisch an der Schule • Solaranlage auf Kirche • «Boden sieht aus wie in der Wüste» • Gras an einigen Stellen noch grün • «Das Dorf brennt» 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgetrocknete Vegetation (5) • Staub • Inn führt weniger Wasser (3) (Abfluss der Gletscher fehlt) • Flussfläche hat sich ausgedehnt • Wald sieht ungesund und karg aus (2) • Baumartenwechsel im Wald • Waldgrenze hat sich erhöht (4) • Waldbrand und Löschhelikopter (3) <i>«Die Massnahme des Löschens mit Helikopter scheint vergebens. Es gibt ein bisschen ein hoffnungsloses Bild, wenn diese geringe Wassermenge gesehen wird, die gegen die doch grossflächigen Brände eingesetzt wird»</i> • Schutzwald an einigen Stellen weg, kann Funktion nicht mehr erfüllen, Verbauungen (3) • Wald neue Schutzfunktion vor Erdrutschen und Murgängen (2) • Häufigere Erdrutsche, Murgänge (wegen Starkniederschlägen) (2) • Steinschlag (wegen Niederschlagsereignissen) • Klimaanlagen (4) • Solarpanel (4) • Terrassen ähnlich • Terrassen werden nicht mehr gepflegt, Verbuschung (2) (zu wenig Wasser) • Landschaft eher wie im Mittelmeerraum (2) • Wiese wird zu Ackerfläche, weil Ackerbau weniger Wasser braucht und wegen längerer Vegetationsperiode (2) • Längere Vegetationsperiode • Dorf wenig verändert 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgetrocknete Vegetation, das heisst weniger Heu (2) • Man kann nicht überall bewässern • Wald sieht ungesund aus • (Schutz-) Wald an einigen Stellen weg, Verbauungen • Waldbrand, Löschhelikopter (2)

	Primarschüler:innen Valsot n=31	Studierende UZH n=15	Ältere Ramoscher:innen n=4
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Nichts (sehr oft) • Solaranlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediterranes Feeling • Alpine Flächen, bergige, alpine Landschaft (2) • Landschaft geeignet für Wanderungen • Vermutlich wäre es im Mittelland noch viel schlimmer • Immer noch schöne Landschaftskulisse • Kleinteilige Landschaft 	
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person nicht gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Alles (sehr oft) • Waldbrand (3) • Dass alles ausgetrocknet ist (3), <i>«sieht aus wie in der Wüste»</i> • Landwirtschaftsflächen sind trocken • Der Inn ist ausgetrocknet (2) <i>«Der Inn ist so wie er sein müsste, hat aber kein Wasser.»</i> • <i>«Es sieht hässlich aus»</i> • Klimaanlage (2) • Lawinenverbauungen • Bergsturz • Wald tot und teilweise nicht mehr vorhanden (2) • Nichts kann mehr angepflanzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Waldbrand (3) • Ausgetrockneter Inn (2) • Inn wird unberechenbar • Wasserknappheit, ausgetrocknete Vegetation (2) • Standortattraktivität leidet 	<ul style="list-style-type: none"> • Waldbrand (2) • Ausgetrocknete Wiese • Keine Äcker
Geäusserte Gefühle oder Stimmungen, die durch die Betrachtung der Landschaft ausgelöst werden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>«Hier ist es nicht schön zu leben»</i> • <i>«Da will ich nicht mehr leben»</i> • <i>«Da würde ich mich lieber zuerst umbringen»</i> • <i>«Ich fühle mich schlecht»</i> • <i>«Ich will nicht, dass es so wird»</i> • <i>«Es ist kaum auszuhalten»</i> • <i>«Es ist schrecklich» (3)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Negativ • <i>«Sehr beängstigend, weil es realistisch ist»</i> • Wasserknappheit macht traurig (2) • Waldbrand: Angst, ungutes Gefühl • <i>«Im Vergleich zu jetzt wäre das ein Horrorszenario»</i> • Mit dem Helikopterlärm und dem Rauch würde man sich nicht wohl fühlen • Macht nostalgisch, melancholisch, löst <i>«früher war alles besser Stimmung»</i> aus, wäre aber die erste Generation mit der Berechtigung, dies zu sagen • <i>«Es sieht trist aus, weil es so ausgetrocknet ist.»</i> • Weniger beruhigend und entspannend • Es wird schwieriger und unangenehmer sein 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>«Sieht wüst aus»</i> • Waldbrand beängstigend, weil Ramosch nahe am Wald ist und auch schon gebrannt hat • <i>«Gefällt mir gar nicht»</i>

Tabelle 20: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit effektiver proaktiver Anpassungsaktivität und Fokus der Landwirtschaft auf Wiesenbewirtschaftung der verschiedenen Akteursgruppen.

	Primarschüler:innen Valsot n=21	Studierende UZH n=5	Ältere Ramoscher:innen n=4
Erkannte Landschafts- veränderungen im Vergleich zur heutigen Landschaft oder der Landschafts- visualisierung mit keiner oder rein reaktiver Anpassungsaktivität	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger ausgetrocknet, grünere Wiesen (3) • Bewässerung der Wiesen • Inn fließt in breiterem Bachbett, hat mehr Wasser und es stehen Bäume am Ufer (3) • Wald sieht gesünder aus, aber trotzdem noch krank (2) • Weniger Waldbrand, Löschhelikopter nicht mehr da (5) • Pflanzen an Gebäuden, Grüne Mauern, Schule ist überwuchert (3) • <i>«Es sieht tierfreundlicher aus»</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger ausgetrocknet, grünere Wiesen • Viel mehr Bewässerung <i>«Es ist nun die Frage, woher das ganze Wasser kommt?»</i> • Damit im grossen Stil bewässert werden kann, wie auf dem Bild, müssen mehr Bewässerungsanlagen gebaut werden. Mehr Wasserzwischen-speicherplätze müssen kreiert werden. Die Niederschläge im Winter müssen für den Sommer irgendwo gespeichert werden. • Überdüngte Wiesen • Es werden nicht alle Wiesen bewirtschaftet, sondern nur diejenigen mit Wasseranschluss. • Murgänge bleiben gleich • Auelandschaft, evtl. Renaturrierung • Der Wald sieht nicht viel gesünder aus. Viel abgestorben. • Weniger Waldbrand • Terrassen werden noch gepflegt. • Fassadenbegrünung zur Hitzeminderung • Solarpanel sind noch da, jedoch weniger bis gar keine Klimaanlageanlagen. • Campingplatz ist weg • Umstellung auf erneuerbare Energien wird Landschaften verändern 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger ausgetrocknet, grünere Wiesen • Bewässerung am Hang ist ein Erosionsrisiko, trotzdem Bewässerung besser als keine Bewässerung • Wald sieht gesünder aus
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Saftig grüne Farbe • Brennt weniger • Wiese (2) • Bäume im Wald sind wieder da 	<ul style="list-style-type: none"> • Grüne Farbe • Blumenwiese • Terrassenlandschaft wird erhalten • Effizientere Landwirtschaft mit nur wenig Überbauung • Fassadenbegrünung 	
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person nicht gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Es ist ausgetrocknet (2) • Waldbrand (2) • Viele Bewässerungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Löwenzahn • Zu viele Bewässerungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur gelbe Blumen • Zu wenig Getreidefelder

Geäusserte Gefühle oder Stimmungen, die durch die Betrachtung der Landschaft ausgelöst werden	<ul style="list-style-type: none"> • <i>«Ich fühle mich 10 % besser als beim anderen Bild, aber es ist trotzdem anders und ungewohnt»</i> • <i>«Es gefällt mir sehr gut, ist aber ungewohnt»</i> • <i>«Es gefällt mir sehr gut, aber auch nicht, weil die Bäume noch krank sind»</i> 		
--	---	--	--

Tabelle 21: Übersicht über die Bewertungen der Landschaftsvisualisierung mit effektiver proaktiver Anpassungsaktivität und Diversifizierung der Landwirtschaft der verschiedenen Akteursgruppen.

	Primarschüler:innen Valsot n=9	Studierende UZH n=10	Ältere Ramoscher:innen n=4
Erkannte Landschaftsveränderungen im Vergleich zur heutigen Landschaft oder der Landschaftsvisualisierung mit keiner oder rein reaktiver Anpassungsaktivität	<ul style="list-style-type: none"> • Inn nicht mehr ausgetrocknet • Viel Bewässerung • Wald noch immer ausgetrocknet • Weniger Waldbrand • Campingplatz beim Inn 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger ausgetrocknet, viel grüner • Viele Blumen, Blumenwiese (2) • Bienenstöcke (2) • Wirkt lebendiger • Bewässerung, hierfür Priorisierung notwendig (2) • Flussrenaturierung, Entwicklung eines Auenwalds (2) • Wald mit trockenheits-resistenten Baumarten umgebaut (2) • Mehr Büsche im Wald • Weniger Waldbrand • Kleinteiligere Felder (2) • Wiesen mit Büschen, Hecken und Bäumen (Biodiversität) (4) • Verstärkter Getreideanbau (als Anpassung an die Trockenheit) (2) • Fassadenbegrünung (2) • Keine Klimaanlage 	<ul style="list-style-type: none"> • Bienenstöcke • Getreideanbau
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Grüne Farbe • Wiese sieht besser aus als heute • Bewässerung • Weniger Waldbrand • Dorf sieht gleich aus wie heute 	<ul style="list-style-type: none"> • Grüne Farbe, Lebhaftigkeit • Blumenwiese (2) • Kleinteiligkeit der Landwirtschaft • Getreideanbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Bienenstöcke • Blumenwiese • Getreideanbau
Merkmale der Landschaft, die der befragten Person nicht gefallen	<ul style="list-style-type: none"> • Abgebrannte Bäume, immer noch Waldbrand • Begrünung an Häusern (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wald, aber er ist besser als eine Verbauung 	
Geäusserte Gefühle oder Stimmungen, die durch die Betrachtung der Landschaft ausgelöst werden	<ul style="list-style-type: none"> • Fühle mich besser als beim anderen Bild • <i>«Es ist so geht so schön zum dort leben»</i> • <i>«Ich will, dass es so ist wie jetzt»</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Situation scheint mehr unter Kontrolle • Weniger trostlos • Bessere Stimmung, weniger Weltuntergangsstimmung (2) • Hoffnung 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>«Mir gefällt es so wie es ist, ich studiere nicht an Veränderungen der Zukunft.»</i>

Erklärung

gemäss Art. 30 RSL Phil.-nat. 18

Name/Vorname: Siegrist Elena Grace

Matrikelnummer: 16-115-552

Studiengang: MSc Geographie

Bachelor

Master

Dissertation

Titel der Arbeit: Landschaften im Klimawandel - Evaluation und Darstellung der landschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz anhand der Falllandschaft Ramosch (GR)

LeiterIn der Arbeit: Prof. Dr. Matthias Bürgi

Co-Leiterin: Dr. Karina Liechti

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet. Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss Artikel 36 Absatz 1 Buchstabe r des Gesetzes vom 5. September 1996 über die Universität zum Entzug des auf Grund dieser Arbeit verliehenen Titels berechtigt ist.

Für die Zwecke der Begutachtung und der Überprüfung der Einhaltung der Selbständigkeitserklärung bzw. der Reglemente betreffend Plagiate erteile ich der Universität Bern das Recht, die dazu erforderlichen Personendaten zu bearbeiten und Nutzungshandlungen vorzunehmen, insbesondere die schriftliche Arbeit zu vervielfältigen und dauerhaft in einer Datenbank zu speichern sowie diese zur Überprüfung von Arbeiten Dritter zu verwenden oder hierzu zur Verfügung zu stellen.

Ort/Datum Bern, 26. November 2022

Unterschrift

