



Das Unterengadin im Treibhaus

Das Klima als Risikofaktor in den Alpen

Eine Lagebeschreibung mit Folgerungen und
Massnahmen für das Unterengadin

Marius Jenny

Maturaarbeit 2005/06
HIF – Hochalpines Institut Ftan

Das Unterengadin im Treibhaus

Das Klima als Risikofaktor in den Alpen

Eine Lagebeschreibung mit Folgerungen und
Massnahmen für das Unterengadin

Marius Jenny

Maturaarbeit 2005/06
HIF – Hochalpines Institut Ftan

Inhalt

	Vorwort	4
1.	Einleitung	
1.1	Kurze Themenbeschreibung	5
1.2	Motivation und Leitfragen	5
1.3	Methoden und Vorgehen	6
2.	Theoretische Grundlagen	
2.1	Begriffe im Zusammenhang mit dem Klimawandel und dem Treibhauseffekt	7
2.1.1	Klima, Wetter und Klimawandel	7
2.1.2	Die wichtigsten Treibhausgase	7
2.1.3	Der Treibhauseffekt	8
2.2	Ursachen, Wirkungen und Folgen des Klimawandels	8
2.2.1	Der natürliche Treibhauseffekt	8
2.2.2	Anthropogene Einflüsse	9
2.2.3	Folgen für den Alpenraum	10
2.3	Folgerungen für die Feldarbeit im Unterengadin	13
3.	Feldarbeit	
3.1	Konzeption der Feldarbeit	14
3.1.1	Methode (Anlage des Fragebogens)	14
3.1.2	Experten (Adressaten des Fragebogens)	14
3.2	Auswertung der Befragung	14
3.2.1	Allgemeine Fragen	14
3.2.1.1	Beobachtungen von Klimaänderungen im Unterengadin	14
3.2.1.2	Naturgefahren und Schadensereignisse im Unterengadin	16
3.2.1.3	Massnahmen zum Klimaschutz im Unterengadin	18
3.2.1.4	Einschätzung der Experten zum Klimawandel	20
3.2.2	Spezifische Fragen an Meteorologen und Schneefachleute	22
3.2.2.1	Einfluss der Klimaänderung auf Schneehöhenveränderungen, Naturgefahren, Wetterextreme, sowie Temperaturschwankungen im Unterengadin	22
3.2.2.2	Folgerungen aus der Beurteilung von Meteorologen und Schneefachleute zur Situation des Klimas im Unterengadin	24
3.2.3	Spezifische Fragen an Touristiker und Bergbahnen	24
3.2.3.1	Einfluss der Klimaänderung auf den Tourismus im Unterengadin	24
3.2.3.2	Folgerungen für den Tourismus im Unterengadin	25
3.2.4	Spezifische Fragen an Wildbiologen	25
3.2.4.1	Einfluss der Klimaänderung auf die Tierwelt	25
3.2.4.2	Folgerungen für die Tierwelt im Unterengadin	26
3.2.5	Spezifische Fragen an Geobotaniker	26
3.2.5.1	Einfluss der Klimaänderung auf die Gebirgsvegetation	26
3.2.5.2	Folgerungen für die Pflanzenwelt im Unterengadin	26

3.2.6	Spezifische Fragen an Forstfachleute	26
3.2.6.1	Einfluss der Klimaänderung auf den Wald	26
3.2.6.2	Folgerungen für den Wald und die Waldpflege	27
3.2.7	Spezifische Fragen an Agrarfachleute	28
3.2.7.1	Einfluss der Klimaänderung auf die Landwirtschaft	28
3.2.7.2	Folgerungen für die Landwirtschaft	28
3.3	Schlussfolgerungen aus der Feldarbeit	29

4. Strategien und Massnahmen

4.1	Massnahmen auf verschiedenen Ebenen	30
4.1.1	Massnahmen international	30
4.1.2	Massnahmen national	30
4.1.3	Massnahmen kantonal	30
4.1.4	Massnahmen regional	31
4.1.5	Massnahmen lokal	31
4.2	Massnahmen zum Schutz des Klimas für das Unterengadin	31

5. Anmerkungen

5.1	Anmerkungen zu Theoretische Grundlagen (Kap. 2)	33
5.2	Anmerkungen zu Feldarbeit (Kap. 3.)	33
5.3	Anmerkungen zu Strategien und Massnahmen (Kap. 4)	33

Anhang

I.	Fragebogen (Vorlage)	34
II.	Bibliografie	38
III.	Adressen	39
IV.	Abkürzungen	39

Impressum

Vorwort

Der vorliegende Bericht ist das Produkt meiner Maturaarbeit zum Thema „*Das Unterengadin im Treibhaus*“ am Hochalpinen Institut Ftan (HIF). Ich wurde dabei von Dr. Paul Grimm (Lehrer im HIF) gecoach und von Peder Rauch (Geschäftsführer Pro Engiadina Bassa, PEB) und Hanspeter Lötscher (Amt für Natur und Umwelt Graubünden, ANU) begleitet.

Dieser Bericht kam in mehreren Phasen zu Stande. Als Fundament dienen die „Theoretischen Grundlagen“ (Kap. 2.). Diese habe ich mit Hilfe von Literaturlauswertungen zusammen gestellt, und den Klimawandel allgemein, sowie im alpinen Raum aufgezeigt. Darauf baut meine selb-ständige Recherche, die „Feldarbeit“ (Kap. 3.), auf. Dabei habe ich allgemeine Erkenntnisse aus dem Grundlagenteil verwendet und in Frage-stellungen auf das Unterengadin angewendet. Mit Hilfe eines Fragebogens kam ich in Form einer Expertenbefragung zu den gewünschten Informationen.

Das Ziel meiner Arbeit war, anhand der recherchierten Informationen und Daten, sowie dem theoretischen Vorwissen, einen Klimabericht für das Unterengadin zu schaffen, welcher auch ein Strategien- und Massnahmenkonzept besitzt, um dem Klimawandel im Unterengadin entgegen zu wirken.

Dieser Bericht soll der PEB als Grundlage für die Entwicklung einer regionalen Politik zum Schutz des Klimasystems dienen. Dazu vermittelt er auch der Öffentlichkeit eine Synthese des heutigen Wissens über die Klimaerwärmung, deren Ursachen und vermutlichen Folgen, und hält wichtige Beobachtungen und Erkenntnisse fest.

Die Mittel, die bis heute zur Bewältigung der Umweltprobleme auf lokaler Ebene eingesetzt worden sind, taugen nur begrenzt für die Lösungen der globalen Probleme. Eine neue, umfassendere Strategie soll erarbeitet werden. Doch diese lässt sich leichter beschreiben als in Taten umsetzen, denn die Ursache des zu bewältigenden Problems erfordert eine fundamentale Änderung unserer Denk- und Handlungsweisen.

Diese Änderung wird auch nicht von einem Tag zum anderen geschehen. Auch kann dieser Bericht längst nicht alle Antworten auf die dringende Herausforderung, dem Klimawandel wirksam zu begegnen, geben. Indem er eine lokale, auf das Unterengadin bezogene Perspektive des Problems aufzeigt und eine Verbindung zu vielen betroffenen Bereichen herstellt, versucht er jedoch, die Wege zu weisen, auf denen die notwendigen Änderungen eingeleitet werden können. Der Bericht dient somit als Grundlage einer lokalen Strategie und eines Aktionsplanes zum Schutz des Klimasystems im Unterengadin.

Mein grosser Dank gilt meinem Coach Paul Grimm, sowie meinen beiden Co-Referenten Peder Rauch und Hanspeter Lötscher, die mich bei meiner Arbeit tatkräftig und konstruktiv unterstützt haben. Besonders danken möchte ich allen im Impressum namentlich aufgeführten Expertinnen und Experten für die Beantwortung der Fragebogen, deren Input in meiner Maturaarbeit einen wichtigen Bestandteil bildet. Schliesslich möchte ich mich bei der Pro Engiadina Bassa, beim Amt für Natur und Umwelt Graubünden und beim Hochalpinen Institut Ftan bedanken, die mir immer sehr freundlich und grosszügig zur Seite standen.

Sent, im August 2006

Marius Jenny

1. Einleitung



Abb. 1: Schneearme Sommerlandschaft im Unterengadin, Heimspitze, Samnaun

(Foto: R.D. Jenny, 2001)

1.1. Kurze Themenbeschreibung

„Wohin wir auch blicken, sind Anzeichen des Klimawandels unübersehbar. Die Schneedecke ist seit Ende der 60er Jahre um 10 Prozent zurückgegangen. Die Gebirgsgletscher schwinden dahin und das Eis der Weltmeere schmilzt, was den Meeresspiegel in den vergangenen 50 Jahren um 10-20 cm ansteigen liess. Gleichzeitig haben die Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas, die massgeblich für die Aufheizung der Atmosphäre verantwortlich sind, in alarmierendem Masse zugenommen. Auch die Auswirkungen treten immer deutlicher zu Tage. Extreme Wetterereignisse manifestieren sich in einer Zunahme der Stürme (Hurrikan Katharina und Rita) und Überschwemmungen (Hochwasser in Mitteleuropa) sowie Dürrephasen und Waldbrände (z.B. in Spanien und Portugal). Wenn nichts geschieht, wird sich das Klima auch für verschiedene Tier- und Pflanzenarten rasch verändern. Das könnte verheerende Auswirkungen auf die natürlichen Ökosysteme haben. Viele Wissenschaftler vertreten die Überzeugung, dass hierfür der Mensch mit seinem Handeln die Verantwortung trägt. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe in Heizanlagen, der zunehmende Verkehr auf der Strasse und in der Luft, Deponien und industrielle Verarbeitungsprozesse sind Verursacher schädlicher Emissionen ...“

(Zitat: Europäische Kommission 2002: Weichenstellung für eine umweltgerechte Zukunft).

Diese Ausführungen schildern die globale Themenstellung des Klimawandels.

Da ich davon ausgehe, dass der Klimawandel weltweit, also überall Wirkungen zeigt, kann sich dies auch auf den Alpenraum beziehen. Mit meiner Maturaarbeit möchte ich deshalb diese Sachlage im Unterengadin untersuchen.

Die zentrale Fragestellung lautet deshalb:

„Wie wirkt sich der Klimawandel auf das Unterengadin aus, welche Folgerungen können wir daraus ziehen und welche Massnahmen können wir treffen?“

1.2 Motivation und Leitfragen

Mich konnte dieses Thema aus mehreren Gründen begeistern:

1. *Aktuelles Thema*, mit welchem man tagtäglich konfrontiert wird: Nachrichten über Naturkatastrophen wie Hochwasser, Waldbrände, Wirbelstürme oder schleichende Veränderungen wie Gletscherschmelze, Trockenheit, Anstieg des Meeresspiegels, usw. werden mit dem Thema Treibhauseffekt und Klimawandel in Zusammenhang gebracht.
2. *Zusammenhänge verstehen* über die Ursachen, Wirkungen und Folgen des Treibhauseffektes, der zu einem globalen Klimawandel führt und auch unseren Lebensraum im Unterengadin betrifft.

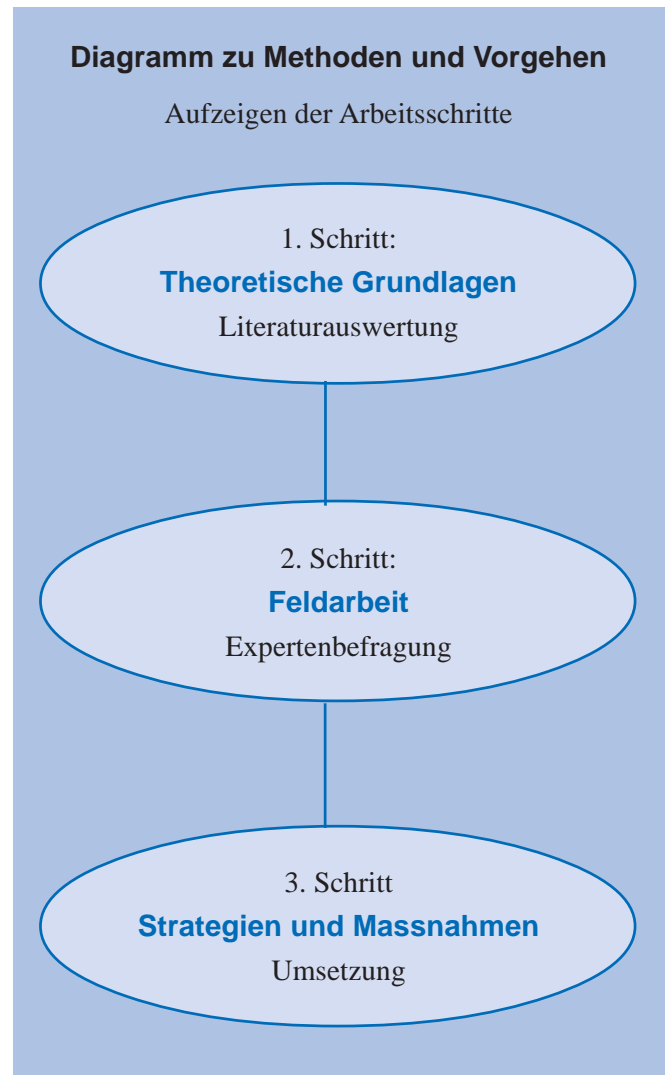
3. *Ernst zu nehmendes Thema*, welches die Zukunft betrifft, rasches Handeln (vorsorgliche Massnahmen zur Verminderung des Treibhauseffektes) und Umdenken (Leben unter veränderten klimatischen Verhältnissen) erfordert.
4. „*Global denken, lokal handeln*“, aufzeigen wie ein globales Thema regional oder lokal vor Ort praktisch angegangen werden kann (erarbeiten eines Massnahmenpaketes).
5. *Interdisziplinäres Thema*, interessiert mich, weil verschiedene Fachgebiete (Geografie, Physik, Chemie, Biologie) und Handlungsfelder (Forst, Landwirtschaft, Tourismus, Gefahrenschutz, Raumplanung) betroffen sind. Dies gibt mir auch die Möglichkeit für den Eintritt in für mich noch unbekannte interessante Themengebiete.
6. *Das Produkt* ist für mich ein zielgerichtetes Ergebnis, welches eine möglichst verständliche Information über den Klimawandel im Unterengadin und konkrete Vorschläge für Massnahmen enthalten soll. Dieses betrifft alle.

Die Leitfrage für meine Arbeit ergibt sich aus dem Untertitel: „*Das Klima als Risikofaktor in den Alpen – Eine Lagebeschreibung mit Folgerungen und Massnahmen für das Unterengadin*“. Aus diesem Titel ergeben sich folgende *Teil-Leitfragen*:

1. *Warum ist das Klima ein Risikofaktor (Wirkungen und Folgen) in den Alpen?*
2. *Wie sieht die Situation im Unterengadin aus?*
3. *Welche Massnahmen können getroffen werden?*

1.3 Methoden und Vorgehen

Angeleitet von der allgemeinen Lagebeschreibung des Klimawandels im Alpenraum (Theoretische Grundlagen) werden Folgerungen für die Feldarbeit im Unterengadin gezogen. Anhand von Daten und Erhebungen bestimmter Indikatoren, sollen die Auswirkungen des Klimas auf verschiedene Untersuchungsbereiche aufgezeigt werden. Diese Daten verschaffen mir die im Adressverzeichnis aufgeführten Stellen, welche sich mit Klimaindikatoren intensiv beschäftigen. Ziel der Feldarbeit ist eine Lagebeurteilung des Unterengadins, woraus Folgerungen für handlungsorientierte Massnahmen getroffen werden können.



2. Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden wichtige Begriffe und allgemeine Zusammenhänge des Klimawandels und des Treibhauseffektes aufgezeigt. Erklärt werden auch die Ursachen, Wirkungen und Folgen des Klimawandels und des Treibhauseffektes vor allem im Alpenraum. Schliesslich werden daraus Folgerungen für die Feldarbeit im Unterengadin (Kap. 3) gezogen.

2.1 Begriffe im Zusammenhang mit dem Klimawandel und dem Treibhauseffekt

2.1.1 Klima, Wetter und Klimawandel

Das Klima ist die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den allgemeinen Zustand der Atmosphäre an der Erdoberfläche kennzeichnen. Unter dem Begriff Klima versteht man auch die Gesamtheit der Witterungen (Wetterlagen) innerhalb eines definierten Zeitraumes (z.B. eines Jahres) und eines Ortes (Region).¹

Das Wetter ist der Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das Wetter an einem Ort über einen längeren Zeitraum betrachtet, wird auch Witterung genannt. Im Unterschied dazu umfasst der Begriff des Klimas den Zustand der Atmosphäre in einer Region (z. B. einer Klimazone) im langjährigen Mittel. Das Wetter wird von den so genannten Wetterelementen bestimmt. Dies sind vor allem Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Luftdruck, Luftbewegung nach Richtung und Stärke, Klarheit der Sicht, usw. Das Wettergeschehen zeigt sich in typischen Wolkenbildern.²

Der Klimawandel ist primär ein Phänomen der Erdschicht. Das Klima auf der Erde wurde im Verlaufe der Erdgeschichte immer wieder starken Veränderungen unterworfen, die auf ganz unterschiedlichen Zeitskalen und Prozessen ablaufen. Über geologische Zeiträume von Jahrtausenden haben Verschiebungen der Kontinente sowie langfristige Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre das Erdklima bestimmt. Die letzten paar hunderttausend Jahre waren geprägt von einem ständigen Wechsel zwischen Eis- und Warmzeiten.

Der stete Wandel des Erdklimas ist ein natürlicher Vorgang, der sich auch in die Zukunft hinein fortsetzen wird. Erstmals in der Erdgeschichte zeigt sich, dass auch der Mensch die Veränderung des Klimas aktiv beeinflusst.

Das exponentielle Bevölkerungswachstum und der stark gestiegene Energieverbrauch pro Kopf, haben in den letzten Jahrzehnten zu einer starken Zunahme der Treibhausgase und damit zu einer gefährlichen Belastung des globalen Ökosystems geführt.³

2.1.2 Die wichtigsten Treibhausgase

Die wichtigsten vom Menschen verursachten Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (Distickstoffoxid N_2O), Fluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW-Gruppe) und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW- und HFCKW-Gruppe). Im Bericht der Schweiz zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen 1994⁴ werden die wichtigsten Treibhausgase der Schweiz erläutert. Daten und Fakten zu den genannten Treibhausgasen sind aus dem BUWAL-Bericht „Klima in Gefahr“ 1997⁵ entnommen:

Kohlendioxid (CO_2). – Die CO_2 Emissionen sind zu 94% energiebedingt. Sie entstehen vor allem durch die Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle) aber auch durch Brandrodung und Abholzung. Die natürliche CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre beträgt 0,028%. Seit Beginn der Industrialisierung (1750) hat die CO_2 -Konzentration um 30% zugenommen. Die Verweildauer von CO_2 in der Atmosphäre beträgt 50 - 200 Jahre. Der Anteil der anthropogenen Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes beträgt 76%.

Methan (CH_4). – Methan wird vor allem in der Landwirtschaft durch Nutztiere (Wiederkäuer) zu 50% und Hofdüngerlagerung (Mist, Gülle) zu 28% sowie beim Abbau von organischem Material in Abfällen zu 17% freigesetzt. Methan entsteht bei der Vergärung von Futter im Verdauungstrakt der Nutztiere und bei organischen Abfällen durch Mikroorganismen (Kompost, Klärschlamm). Der natürliche CH_4 -Gehalt in der Atmosphäre beträgt 0,00007%. Seit Beginn der Industrialisierung hat die CH_4 -Konzentration um 145% zugenommen. Die Verweildauer in der Atmosphäre beträgt 12 Jahre. Der Anteil der anthropogenen Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes beträgt 16%.

Lachgas (Distickstoffoxid N_2O). – Lachgas entsteht durch Abbau- und Verbrennungsprozesse. 75% der Lachgasemissionen werden durch stickstoffhaltige Dünger erzeugt. Die natürliche Lachgaskonzentration in der Atmosphäre beträgt 0,0000275%. Diese hat, seit Beginn der Industrialisierung, um 15% zugenommen. Die Verweildauer von Lachgas beträgt 120 Jahre. Der Anteil der anthropogenen Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes beträgt 8%.

Fluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW-Gruppe). – Fluorierte Kohlenwasserstoffe werden v.a. als Ersatzstoffe für die FCKW und HFCKW in der Kältetechnik und für Isolationsschäume verwendet. Die natürliche FKW-Konzentration in der Atmosphäre beträgt 0%. Diese hat seit Beginn der Industrialisierung nachweisbar zugenommen. Die Verweildauer von FKW-Gruppen beträgt 10-100 Jahre. Der Anteil der anthropogenen Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes ist noch gering, jedoch in der Tendenz stark steigend.

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW- und HFCKW-Gruppe). – FCKW und HFCKW gehören zu den stark treibhauswirksamen Spurengasen mit einer atmosphärischen Verweildauer von bis zu 400 Jahren. Fluorchlorkohlenwasserstoffe fanden Verwendung in Spraydosen, bei der Schaumstoffherstellung, als technische Lösemittel und in der Kältetechnik. Wegen ihrer stark Ozonschicht abbauenden Wirkung (Ozonloch) sind die FCKW seit 1996 verboten. Für HFCKW gelten längere Übergangsfristen. Die atmosphärische Konzentration nimmt heute kaum noch zu.

Zu diesen Treibhausgasen kommen eine Reihe indirekt klimawirksamer *Spurengase (so genannte Vorläufersubstanzen)* wie Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO und NO_2 , zusammenfassend als NO_x bezeichnet) sowie die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Diese Gase sind in der Atmosphäre chemisch aktiv. Sie fördern die Bildung und verlängern die Lebensdauer von direkt klimawirksamen Spurengasen wie Methan (CH_4) oder Ozon (O_3).⁶

2.1.3 Der Treibhauseffekt

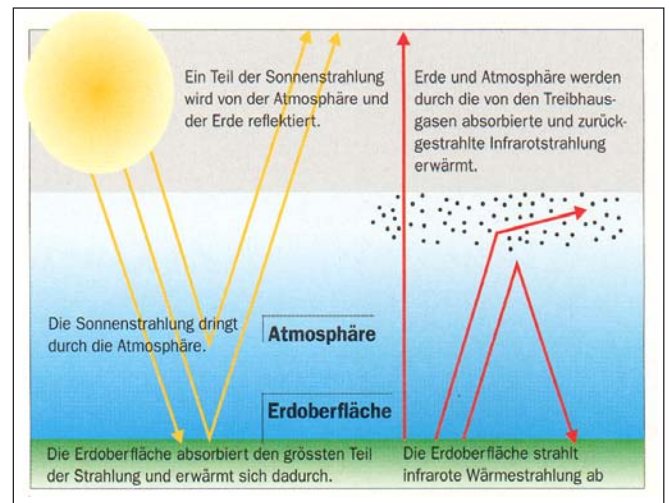
Der Treibhauseffekt ist ein natürliches Phänomen, das die Erde vor zu starker Abkühlung bewahrt und Leben ermöglicht. Die starke Erwärmung des Systems Erde-Atmosphäre in den vergangenen Jahrzehnten wurde jedoch in hohem Masse durch menschliches Eingreifen, vor allem durch die zusätzliche Emission treibhausrelevanter Gase, bewirkt.⁷

2.2 Ursachen Wirkungen und Folgen des Klimawandel

2.2.1 Der natürliche Treibhauseffekt

Durch die Erdatmosphäre gelangen zum Teil kurzwellige elektromagnetische Sonnenstrahlen direkt auf die Erdoberfläche. Dadurch wird die Erdoberfläche direkt erwärmt. Diese sendet einen Teil der aufgenommenen Sonnenenergie wieder aus, und zwar ebenfalls als elektro-magnetische Strahlung, jedoch vorwiegend im längerwelligen Infrarotbereich (Wärmestrahlung). Während die einfallende kurzwellige Strahlung der Sonne die Atmosphäre relativ ungehindert durchdringen kann, wird die von der Erdoberfläche ausgehende längerwellige Strahlung von den so genannten Treibhausgasen absorbiert und als Wärme zurückbehalten oder als Infrarotstrahlung zur Erdoberfläche zurückgesandt. Dadurch werden Lufthülle und Erdoberfläche zusätzlich aufgeheizt. Die Treibhausgase haben also dieselbe Wirkung wie das Glas eines Treibhauses und führen dazu, dass Atmosphäre und Erdoberfläche von der Sonne mehr erwärmt werden, als dies ohne die Anwesenheit dieser Gase der Fall wäre.⁸

Abb. 2: So funktioniert der Treibhauseffekt⁹



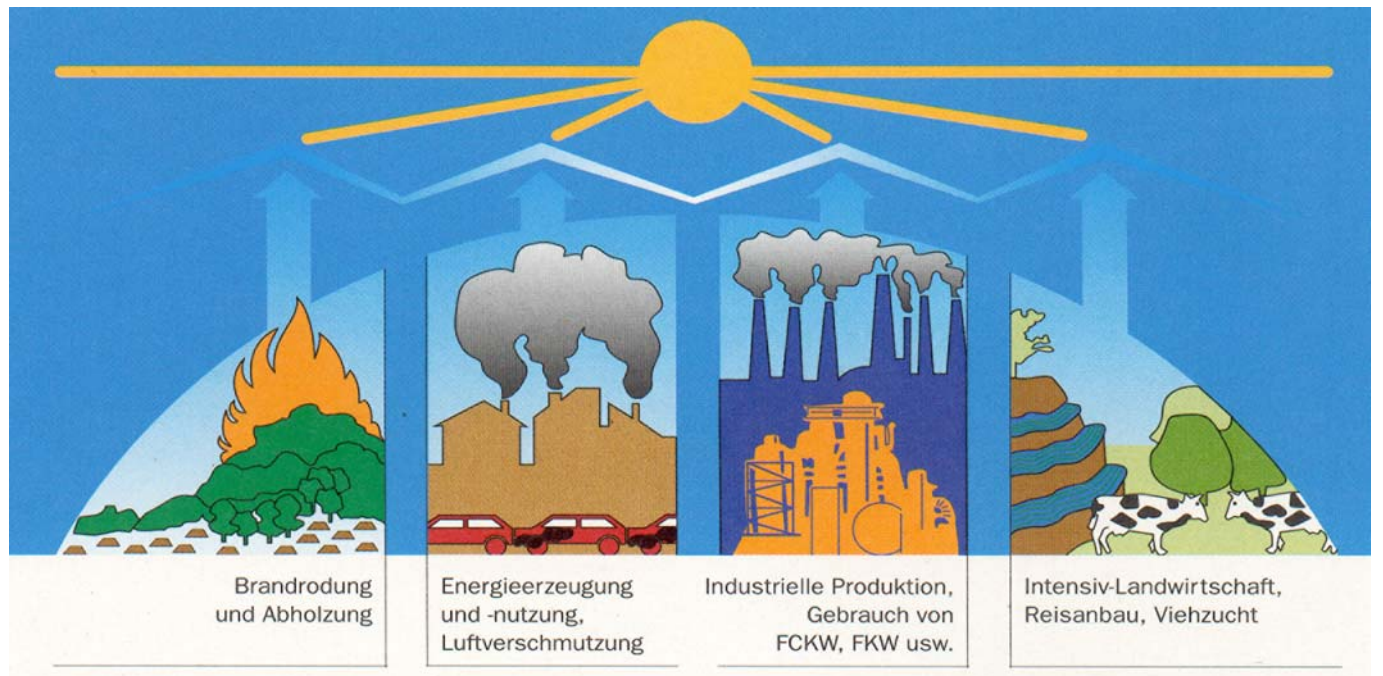
(Quelle: BUWAL, 1997)

Das gesamte Leben auf der Erde hängt von diesem natürlichen Treibhauseffekt ab. Ohne ihn wäre der Planet um etwa $33^\circ C^{10}$ kälter. Die Erde wäre somit weitgehend vereist und unbewohnbar. Dagegen erfolgt durch die gegenwärtig zunehmende Konzentration der Treibhausgase in der Erdatmosphäre eine zusätzliche Erwärmung, welche das bisher bestehende klimatische Gleichgewicht zu gefährden droht.

2.2.2 Anthropogene Einflüsse

Der natürliche Treibhauseffekt wird seit einiger Zeit durch anthropogene (vom Menschen verursachte) Emissionen aus Verkehr, Haushalt, Industrie und Landwirtschaft in nie dagewesener Weise verstärkt. Die nachstehende Grafik zeigt die Ursachen dieses zusätzlichen (anthropogenen) Treibhauseffektes auf.

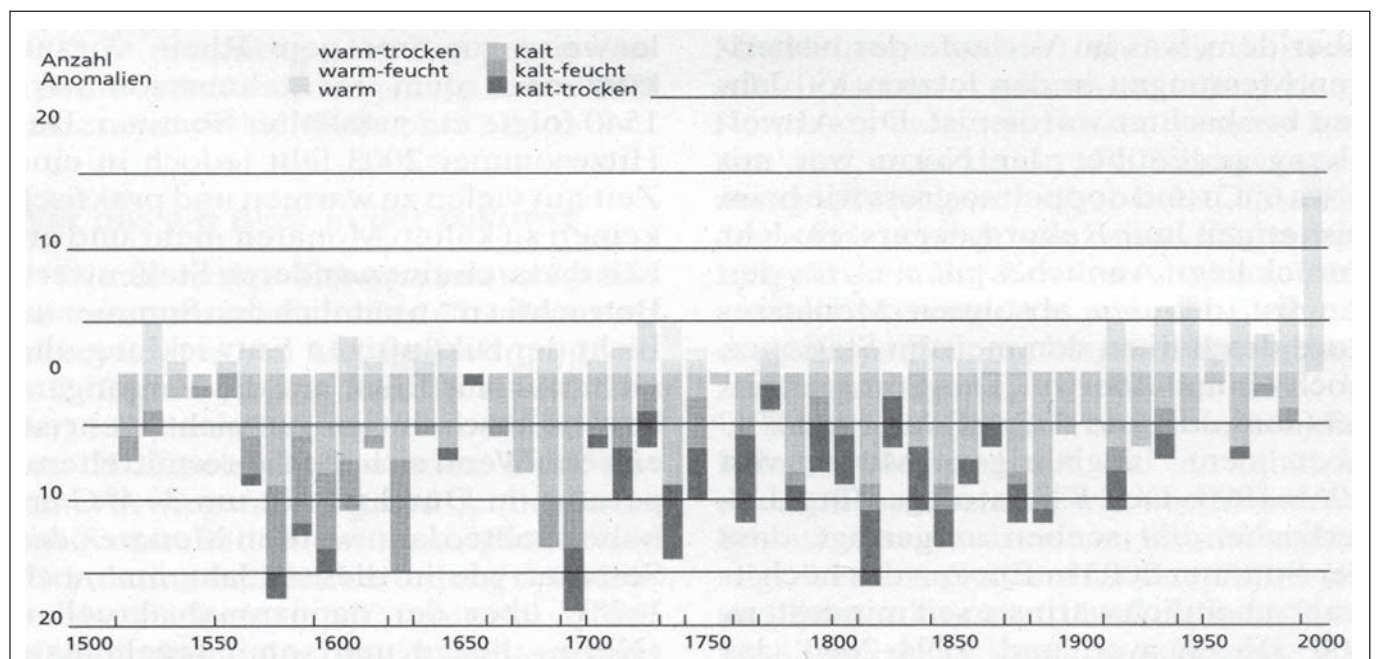
Abb. 3: Ursachen des anthropogenen Treibhauseffektes¹¹



(Quelle: BUWAL, 1997)

Das Ausmass des vom Menschen verursachten zusätzlichen Treibhauseffektes führte in den vergangenen Jahrzehnten zu einer spürbaren globalen Erwärmung der Erdatmosphäre. Neben der allgemeinen feststellbaren Erderwärmung verzeichnen sich zunehmend meteorologische Wetterextreme. Die sich in Form von zunehmenden Starkniederschlägen, Windstürmen, langandauernden Trockenperioden, Hitzewellen usw. bemerkbar machen.

Abb. 4: Kalte und warme Wetterextreme zwischen 1500 und 2000¹²



(Quelle: Pfister, Universität Bern, in: Natur+Mensch Nr.6, 2003)

Auf dieser Grafik ist zu beobachten, dass die Anzahl der sehr kalten Monate seit etwa 1800 einen abnehmenden Trend zeigt, jedoch die warmen Monate seit etwa 1900 eine zunehmende Tendenz aufweisen.

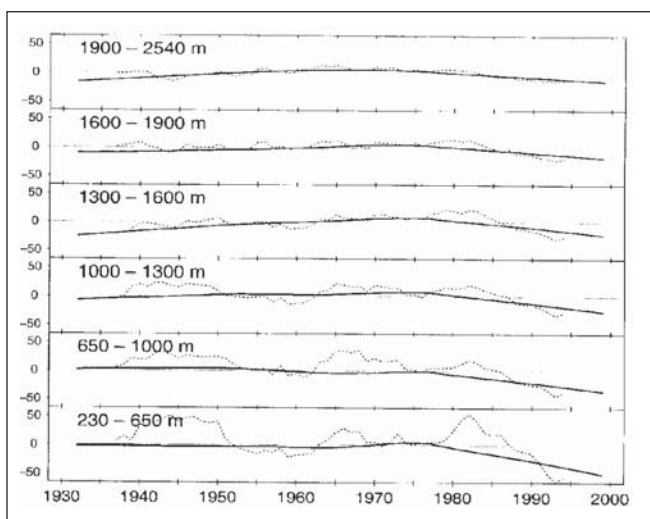
2.2.3 Folgen für den Alpenraum

Der Alpenraum reagiert besonders empfindlich auf Klimaveränderungen. Starke Höhenunterschiede auf kurze horizontale Distanzen bringen rasche Veränderungen der Temperatur, der Lichtintensität, der Niederschlagsmenge und der Bodenqualität mit sich.¹³

Der Klimawandel macht sich im Alpenraum bemerkbar durch Abnahme der Schneehöhen, Rückgang der Gletscher, Auftauung des Permafrosts und Zunahme von Naturgefahren. Diese haben Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt und haben wirtschaftliche und soziale Folgen für die Bergbevölkerung. Besonders betroffen sind die Bereiche Tourismus, Landwirtschaft und Waldwirtschaft.

Abnahme der Schneehöhen. – Die allgemeine Erwärmung führte in den beiden vergangenen Jahrzehnten zu einer deutlichen Abnahme der Schneehöhen in tieferen Lagen unterhalb 1500 m ü.M., darüber gelten die Gebiete (noch) als schneesicher. Oberhalb 1900 m ü.M. ist jedoch kein abnehmender Trend zu verzeichnen.¹⁴

Abb. 5: Veränderung der Schneehöhen nach Höhenlage zwischen 1930 und 2000¹⁵



(Quelle: SLF, 2002)

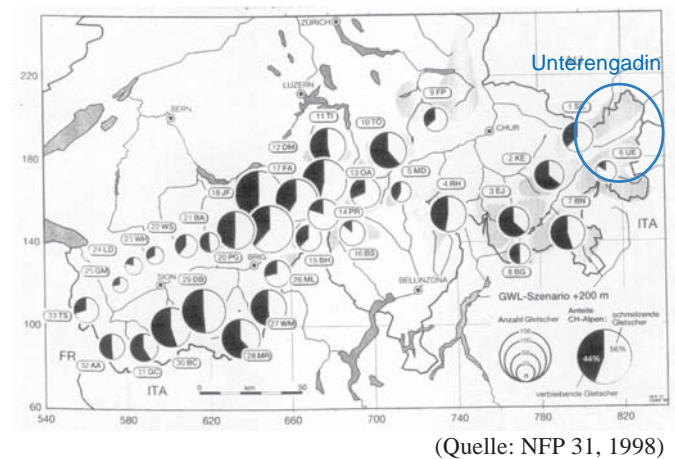
Generell haben die Schneehöhen in tieferen Lagen seit 1980 deutlich abgenommen. Unterhalb von 1000 m ü.M. betragen die Abnahmen der Schneehöhen 25-50%. Die Schneehöhen in höheren Lagen, welche höher liegen als die im Winter übliche Schneefallgrenze, zeigen allerdings weder eine steigende noch fallende Tendenz. Ebenso wurde dort im vergangenen Jahrhundert keine bemerkenswerte Veränderung der extremen Schneefallereignisse festgestellt.¹⁶

Gletscherrückgang. – Die wärmeren Temperaturen haben im Alpengebiet erhebliche Auswirkungen auf die ganzjährige Schneebedeckung und Eismassen. Die Gletscherzungen sind seit einiger Zeit auf dem Rückzug. Allein in den letzten 20 Jahren haben sie einen Viertel bis einen Drittel ihres Volumens eingebüsst. Ein wesentlicher Teil der noch vorhandenen Eismassen dürfte bis Mitte dieses Jahrhunderts ebenfalls wegschmelzen.¹⁷

Die zeitlich verzögerte Reaktion der Alpen auf erhöhte Temperaturen führt dazu, dass wir heute die Gletscherschmelze beobachten können, die wir vor Jahrzehnten verursacht haben (verzögerter Treibhauseffekt). Die frei werdenden Gebiete sind instabil und drohen bei intensiven Niederschlägen abzurutschen.

Der Verlust der Gletscher schafft den Alpen neue ökologische Probleme. Neben dem lebenswichtigen Wasserspeicher geht mit dem Gletschereis ein wichtiges landschaftsästhetisches Element verloren, von dem der Alpentourismus 200 Jahre lang profitieren konnte.¹⁸

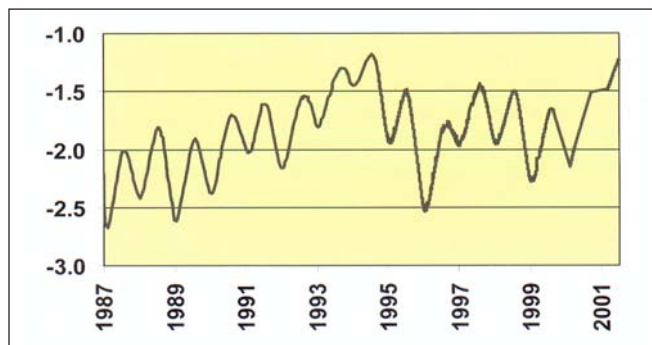
Abb. 6: Rückzug der Gletscher in den Schweizer Alpen – IPCC-Szenario bis zum Jahr 2015¹⁹



Diese Darstellung zeigt den prognostizierten Gletscherrückgang der Schweizer Alpen in den nächsten zehn Jahren. Die Grösse der Kreisfläche zeigt die Anzahl der Gletscherfelder in der jeweiligen Region, die schwarze Teilfläche zeigt den Anteil der noch verbleibenden Gletschermasse im Jahr 2015. Betrachten wir den Kreisausschnitt für das Unterengadin, schmilzt die dortige Gletschermasse auf einen Sechstel zurück. Im Vergleich zu anderen Regionen der Schweiz ist dieser Rückgang ausserordentlich gross. Die Gletscher verbleiben nur noch in den allerhöchsten Lagen.

Permafrost Schmelze. – Der Dauerfrostboden, der so genannte Permafrost, ist ein ganzjährig gefrorener Boden, wo vereistes Wasser die losen Gesteinsbrocken aneinander kittet. Im Hochgebirge ist Permafrost sowohl in Festgestein als auch in Lockermaterial wie Schutthalden, Moränen und Böden anzutreffen.²⁰ Die Untergrenze des Permafrostes hat sich im Laufe der letzten 100 Jahre um 150-250 Meter nach oben verschoben. Mit dem Auftauen des Permafrostes, den unterirdischen Eismassen, nimmt das Risiko zu, dass zuvor stabile Hänge und Felspartien ins Rutschen geraten. In den neu eisfreien Gebieten werden oft neue Murgänge angerissen, die sich als Geröll- und Schlammlawinen ins Tal ergiessen.²¹

Abb. 7: Auftauung des Permafrosts am Beispiel von Murtèl-Corvatsch²²



(Quelle: AfU, 2002)

Die Temperaturen im Permafrost stiegen unter Berücksichtigung der jährlichen Schwankungen in einer Tiefe von 11,5 Metern seit 1987 tendenziell an. Die Mächtigkeit des alpinen Permafrosts variiert je nach Temperatur und Oberflächenbeschaffenheit. Dünnere und damit eisärmere Permafrost reagiert am schnellsten auf klimatische Veränderungen.²³

Naturgefahren. – Extreme Witterungsereignisse wie heftige Niederschläge verursachen in steilen Gebieten und Wasserläufen oft starke Murgänge, Erdbeben und Überschwemmungen. Diese werden, wie vorgängig beschrieben, durch das Abschmelzen von Schnee und Eismassen verstärkt. Es ist durchaus denkbar, dass auf Grund von höheren Lufttemperaturen und der Häufung von starken Schneefällen, in den Alpen häufiger prekäre Lawinnenniedergänge als Folge des Klimawandels auftreten werden. Die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) führt eine Unwetterdatenbank²⁴ in der seit 1972 Schäden erfasst werden. Daraus geht hervor, dass Unwetterschäden, die im Zusammenhang mit den genannten Ereignissen des Klimawandels stehen, zugenommen haben.

Als wichtige Schadenereignisse der letzten 20 Jahre in der Schweiz zu nennen sind:

Überschwemmungen und Murgänge Alpenraum 1987 (Poschiavo), Sturm Vivian 1990, Lawinnenniedergänge 1999, Überschwemmungen Mittelland 1999, Orkan Lothar 1999, Überschwemmungen Wallis/Tessin 2000, Starkniederschläge im Bündner Oberland 2002²⁵ sowie die Hochwasser in der Schweiz (Klosters/Susch) 2005.

Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen. – Die veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse haben Einfluss auf die Tier- und Pflanzenwelt. Da neben den klimatischen viele weitere Einflüsse auf die Lebewesen einwirken, ist es oft schwierig, die Bedeutung der Klimaänderung abzuschätzen. Zu schaffen macht zahlreichen standortgebundenen Tier- und Pflanzenarten vor allem die Schnelligkeit der Änderung von Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen, an welche sie gut angepasst sind. Wenn sie damit nicht Schritt zu halten vermögen, werden sie durch andere verdrängt, finden entweder einen neuen Lebensraum oder verschwinden vollständig.²⁶ Beispiel langfristiger Veränderung der Klimaverhältnisse ist eine Verschiebung des Waldbestandes und der oberen Waldgrenze, welche die Zusammensetzung und Vielfalt der dort lebenden Tier- und Pflanzenarten beeinflusst (siehe Folgen für die Waldwirtschaft).

Wirtschaftliche und soziale Folgen für die Bergbevölkerung. – Aufgrund der natürlichen, geologischen und topografischen Beschaffenheit und der strengen klimatischen Verhältnisse ist der Siedlungs- und Lebensraum der Bevölkerung in Berggebieten von Natur aus schwierigeren Bedingungen ausgesetzt. Um im Alpengebiet sich langfristig niederlassen zu können, hat die Bergbevölkerung seit je her grosse Aufwendungen zum Schutz vor Naturgefahren erbringen müssen. Durch den Klimawandel treten vermehrt immer wieder neue Naturgefahren hinzu, welche den Siedlungs- und Lebensraum der Menschen erneut gefährden. Denn ein rascher Klimawandel brächte Veränderungen mit sich, für die es bisher keinen Vergleich gibt. Dafür werden viele Eingriffe in die Natur bis in grosse Höhen erforderlich sein, um die für Siedlungen, Verkehrswege, Berglandwirtschaft, Forstwirtschaft und Tourismus erschlossenen Gebiete vor Naturereignissen wie Felsstürzen, Lawinen, Murgängen und Überschwemmungen wirksam zu schützen. Die jährlichen Kosten im Kanton Graubünden für Verbauungen, Aufforstung und Schutzwaldpflege betragen rund 15 Mio. Franken, für die gesamte Schweiz 70 Mio. Franken.²⁷

Folgen für den Tourismus. – Der Tourismus ist für den Alpenraum eine der zentralen Wirtschaftsfaktoren. Wetter und Klima bilden eine entscheidende Grundlage für den Tourismus. Besonders klimasensibel sind jene Orte, die einseitig auf bestimmte Tourismusformen wie z.B. den *Wintertourismus* ausgerichtet sind. Hier entscheidet die Schneesicherheit über eine touristisch interessante Winterdestination. Für diese Gebiete ist der Klimawandel ein gravierender Unsicherheitsfaktor. Eine Temperaturzunahme von 2-4° C würde eine Verschiebung der natürlichen Schneegrenze von 1200 m auf 1500-1800 m mit sich bringen. Für die Schweiz würde dies bedeuten, dass nur noch 63% (auf 1500 m Höhe) oder 44% (auf 1800 m Höhe) der Skigebiete schneesicher wären. Vergleichsweise gelten aktuell 85% der Skigebiete als schneesicher.²⁸ Man schätzt, dass somit die Bruttowertschöpfung des Wintersportes in der Schweiz eine Einbusse von bis zu 40% erleiden könnte, was jährlichen Kosten von 2,1 Milliarden Franken entsprechen würde.²⁹ Auch für den *Sommertourismus* sind die Auswirkungen des Klimawandels nicht zu unterschätzen, da sich das Landschaftsbild des natürlichen Alpenraums signifikant verändert (Gletscherrückgang) und die Naturgefahren auch hier zunehmen (Murenabgänge, Überschwemmungen, Auftauung des Permafrosts).

Folgen für die Waldwirtschaft. – Die Wälder im Alpenraum sind vorwiegend Naturwälder, teils naturnahe Aufforstungen. Kennzeichnend ist, dass sich in höheren Lagen nur klimaresistente Arten langfristig durchsetzen können. Unsere Bergtäler beheimaten in höheren Lagen Pflanzengesellschaften der Nadelhölzer (Fichten, Lärchen, Bergföhren und Arven). Durch die allgemeine Klimaerwärmung ist es daher vorstellbar, dass sich vermehrt Laubhölzer, welche in tieferen Lagen vorkommen, in höher gelegenen Waldbeständen verbreiten können. Damit könnte eine Schrumpfung des heutigen Nadelwaldgürtels stattfinden. Gemäss einer Studie der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) ist bei einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 2,0-2,5°C mit einer Veränderung der Flächenanteile der natürlichen Waldgürtel im schweizerischen Alpenraum wie folgt zu rechnen: Eichen-Hainbuchen-Buchengürtel von 24% auf 52%, Tannen-Buchengürtel von 18% auf 16%, Fichtengürtel von 33% auf 21%, Föhrgürtel unverändert auf 9%, Lärchen-Arven-gürtel von 13% auf 1% und übrige von 3% auf 1%.³⁰ Die ökologischen Bedingungen der vorhandenen Baumpopulationen würden also verändert und somit

auch die Anfälligkeit auf Stress durch Stürme, Trockenheit und Luftschadstoffe. Obschon es sich zeigt, dass eine starke Klimaveränderung auf den Wald belastende Auswirkungen haben kann, bietet gerade der Wald das wirksamste Potenzial gegen die Klimaveränderung und deren Auswirkungen. Der Wald bietet Schutz vor Erosion, Murgängen und Lawinen. Er bremst die Winde und verhindert die Abschwemmung der Niederschläge. Hinsichtlich der Treibhausgase hat der Wald eine wichtige CO₂-Senkefunktion in dem er CO₂ aufnimmt und den Kohlenstoff (C) in Form von Holz speichert. Das O₂ wird als Sauerstoff abgegeben. Streng genommen kann der Wald jedoch diese Senkefunktion nur so lange wahrnehmen als dieser an Ausbreitung und Vorrat zunimmt. Gegenwärtig wird vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) 0,9Mio.t C pro Jahr angegeben, das gebunden werden kann. Im Vergleich zu den Emissionen an Treibhausgasen ist diese CO₂-Senkefunktion jedoch zu gering, um die überschüssigen anthropogenen CO₂-Emissionen vollständig zu reduzieren.³¹

Folgen für die Landwirtschaft. – Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft im Alpenraum kann heute nicht zuverlässig vorausgesagt werden.³² Es scheint positive und negative Wirkungen zu geben. Die allgemein wärmer werdenden klimatischen Verhältnisse in den Bergtälern sprechen durchaus für günstigere Bedingungen für die Landwirtschaft. Höhere Temperaturen und längere Vegetationsperioden fördern die Bodenfruchtbarkeit und die Ertragsfähigkeit der Böden und damit die Produktivität der Landwirtschaft. Jedoch fördert das wärmere und feuchtere Klima auch die Vermehrung von Schädlingen und Krankheitserregern. Auch abrupte Wechsel in der Temperatur (Frost/Hitze), Häufigkeit und Intensität der Niederschläge, Trockenperioden sowie orkanartige Windbewegungen und vermehrt auftretende Hangrutschungen zerstören die landwirtschaftlichen Kulturen. Wie beim Wald erfüllen auch landwirtschaftliche Kulturen eine gewisse CO₂-Senkefunktion. Allerdings ist diese bei der Anlagerung von CO₂ in die Biomasse landwirtschaftlicher Kulturpflanzen relativ gering. Jedoch sei hier betont, dass die CO₂-Senkefunktion des Bodens weitaus am grössten ist. Im Boden werden in der Schweiz jährlich ca. 450 Mio. Tonnen Kohlenstoff (C) gebunden.³³

2.3 Folgerungen für die Feldarbeit im Unterengadin

Wir stellen fest, dass der Klimawandel im Alpenraum Auswirkungen auf verschiedene Bereiche der Bergwelt hat. Besonders stark sind die Ausprägungen auf die *Schneehöhen*, vor allem in den niedrigeren Lagen der Bergtäler unterhalb 1200-1500 m, den *Gletscherrückgang*, insbesondere Gletscher mit geringerer Mächtigkeit an exponierten Lagen, die *Auftauung des Permafrosts*, ebenfalls an exponierten Lagen, mit geringerer Tiefe der Eisschicht. Im weiteren stellen wir fest, dass in den vergangenen Jahren im Alpenraum Schadensereignisse infolge von *Lawinen, Murenabgängen, Überschwemmungen, Windstürmen, Waldbränden, usw.* in den vergangenen 20 Jahren gehäuft auftraten. Damit einher gingen zunehmende Wetterextreme von *Starkniederschlägen, Temperaturschwankungen, lange Trockenperioden, usw.*

Diese veränderten Bedingungen haben Auswirkungen auf die *alpine Tier- und Pflanzenwelt* sowie auf die *Bergbevölkerung*. Die Folgen sind ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Art. Betroffen sind im Alpenraum vor allem die Bereiche *Tourismus, Landwirtschaft und Landwirtschaft*.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen soll nun im Rahmen der Feldarbeit die Situation im Unterengadin untersucht werden. Die zu untersuchenden Bereiche sind kursiv markiert. Daraus ergeben sich folgende *Forschungsfragen und Indikatoren*:

1. *Wie macht sich der Treibhauseffekt im Unterengadin bemerkbar?* – Untersucht werden Veränderungen der Schneehöhen nach Höhenlagen, Rückgang der Gletscher hinsichtlich ihrer Mächtigkeit und Ausdehnung sowie von Permafrostgebieten hinsichtlich Tiefe der Auftauschicht.
2. *Wie hat sich das Auftreten von Naturgefahren im Unterengadin in den letzten 20 Jahren verändert?* – Erstellen einer Chronologie der Naturkatastrophen (Lawinen, Murenabgänge, Überschwemmungen, Windstürme, Waldbrände) zwischen 1985 und 2005.
3. *Welche Wetterextreme waren im Unterengadin in den letzten 20 Jahren zu verzeichnen?* – Hinsichtlich der Starkniederschläge: Anzahl Niederschlagsmenge ($N > 50$ mm) pro Jahr; hinsichtlich der Temperaturschwankungen: Auftreten der Hitzehöchstwerte und Kältetiefstwerte pro Jahr, Anzahl der Hitzetage ($T > 30^{\circ}\text{C}$) und Kältetage ($T < -15^{\circ}\text{C}$);

hinsichtlich der Trockenperioden: höchste Anzahl zusammenhängender niederschlagsfreier Tage pro Jahr.

4. *Welches sind die ökologischen Auswirkungen auf die Lebewesen und deren Lebensraum im Unterengadin?* – Dargestellt werden Beobachtungen in der Tier- und Pflanzenwelt im Unterengadin, welche mit einer Veränderung der klimatischen Verhältnisse stehen könnten. Untersucht werden Veränderungen der Verhaltensweisen bei Tieren (z.B. Zugvögel, Hochwild) und Veränderungen bei Pflanzen (z.B. des Waldbestandes, Gebirgsflora).
5. *Welches sind die wirtschaftlichen Folgen für den Tourismus, die Waldwirtschaft und die Landwirtschaft im Unterengadin?* – Im Bereich Tourismus werden die Auswirkungen auf den Winter- und Sommertourismus im Unterengadin unterschieden. Hinsichtlich Wintertourismus werden Aspekte der Schneesicherheit (Anzahl schneesichere Tage pro Wintersaison) und die Veränderung der beschneiten Flächen untersucht. Vorgenommen wird eine Auswertung der Anzahl Bahnbenützer bezogen auf die Anzahl schneesicherer Tage der letzten 20 Jahre. Ebenso wird die Veränderungen der Schneegrenzen (vereinfacht aufgezeigt durch Höhenlinien) in den Wintersportgebieten kartographisch dargestellt. Mögliche spezifische Auswirkungen des Klimawandels auf den Sommertourismus im Unterengadin erfolgt aufgrund einer Einschätzung von Tourismus- und Klimafachleuten. Eine Einschätzung der Folgen des Klimawandels auf den Wald und die Waldwirtschaft im Unterengadin erfolgt aufgrund einer Befragung von Forstfachleuten. Desgleichen erfolgt eine Einschätzung der Situation für die Landwirtschaft im Unterengadin durch eine Befragung von Agrarexperten.

Eine Übersicht der genannten Untersuchungsbereiche und Indikatoren sowie der Untersuchungsstandorte, Daten- und Informationsquellen ist im Anhang zusammengestellt.

3. Feldarbeit

Zweck der Feldarbeit ist es, Bezug nehmend auf die Theoretischen Grundlagen (Kap.2) und die gezielte Befragung von Fachleuten mittels Fragebogen, die Situation des Klimawandels im Unterengadin zu erkunden. Neben der Einschätzung der Fachleute zur Problematik des Klimawandels im Unterengadin sollen anhand der Befragung auch mögliche spezifische Massnahmen abgeleitet werden. Zuzüglich zur Beantwortung der Fragebogen wurden die Experten aufgefordert, weiterführende Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

3.1 Konzeption der Feldarbeit

Da bei der Literaturlauswertung im Theoretischen Teil wenig Unterlagen zum Treibhauseffekt und zum Klimawandel im Unterengadin vorhanden waren, entschied ich mich aufgrund der „*Folgerungen für die Feldarbeit*“ (Kap.2.3) eine gezielte Expertenbefragung anhand eines Fragebogens durchzuführen. Grundlage für die Konzeption der Feldarbeit bildet die „*Übersicht Feldarbeit*“ im Anhang. Die vorgegebenen Untersuchungsbereiche (Klimafaktoren, Naturgefahren, Wetterextreme, ökologische Auswirkungen, wirtschaftliche Folgen) und die jeweils zugehörigen Indikatoren sind im Kap. 2.2.3: „*Folgen für den Alpenraum*“, ausführlich beschrieben.

3.1.1 Methode (Anlage des Fragebogens)

Für die Befragung der Experten wurde ein Fragebogen konzipiert, der aus zwei Teilen besteht: Einem allgemeinen Teil, der an alle Befragten gerichtet ist, und einem spezifischen Teil, der an einzelne Expertengruppen (Fachkreise) gerichtet ist. Diese spezifischen Fragebogen richteten sich an Meteorologen und Schneefachleute, Touristiker und Bergbahnen, Wildbiologen, Geobotaniker, Forstfachleute und Agrarfachleute. Wesentliche Aspekte des Fragebogens beinhalten Beobachtungen, Fallbeispiele, Einschätzungen, Erfahrungen und Massnahmen zum Klimawandel im Unterengadin. Der gesamte Fragebogen liegt im Anhang vor.

3.1.2 Experten (Adressaten des Fragebogens)

Die Adressen dieser Fachleute wurden aufgrund eigener Recherche sowie Angaben von regionalen und kantonalen Fachstellen, namentlich von *Hans Peter Lötscher*, ANU, *Peder Rauch*, PEB, und *Paul Grimm*, HIF, anlässlich einer gemeinsamen Lagebesprechung zusammengestellt. Die befragten Experten sind Personen aus Wissenschaft, Forschung und Verwaltung, sowie ortskundige Personen aus den Bereichen Meteo-

rologie und Schnee, Tourismus und Bergbahnen, Wildbiologie, Geobotanik, Forst, Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumplanung. Das Verzeichnis der befragten Fachleute befindet sich im Anhang.

3.2 Auswertung der Befragung und Ergebnisse

Insgesamt wurden 38 Fragebogen zugestellt. Davon wurden 21 Fragebogen beantwortet, welche in die Auswertung einfließen konnten. Der erfolgreiche Rücklauf der Befragung von 55% ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass das HIF für Begleitschreiben und Versand ihren Briefkopf zur Verfügung stellte und die PEB den Versand inkl. Rückantwort finanzierte. Die Auswertung der Befragung erfolgte systematisch aufgrund des Fragebogens, wobei einzelne Frageblöcke zusammengefasst wurden. Die Quellen zu den Antworten der Befragten, erfolgen als Fussnote nach dem Kürzel Fb (= Fragebogen).

3.2.1 Allgemeine Fragen

Dieser Teil des Fragebogens wurde von allen 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.1.1 Beobachtungen von Klimaänderungen im Unterengadin

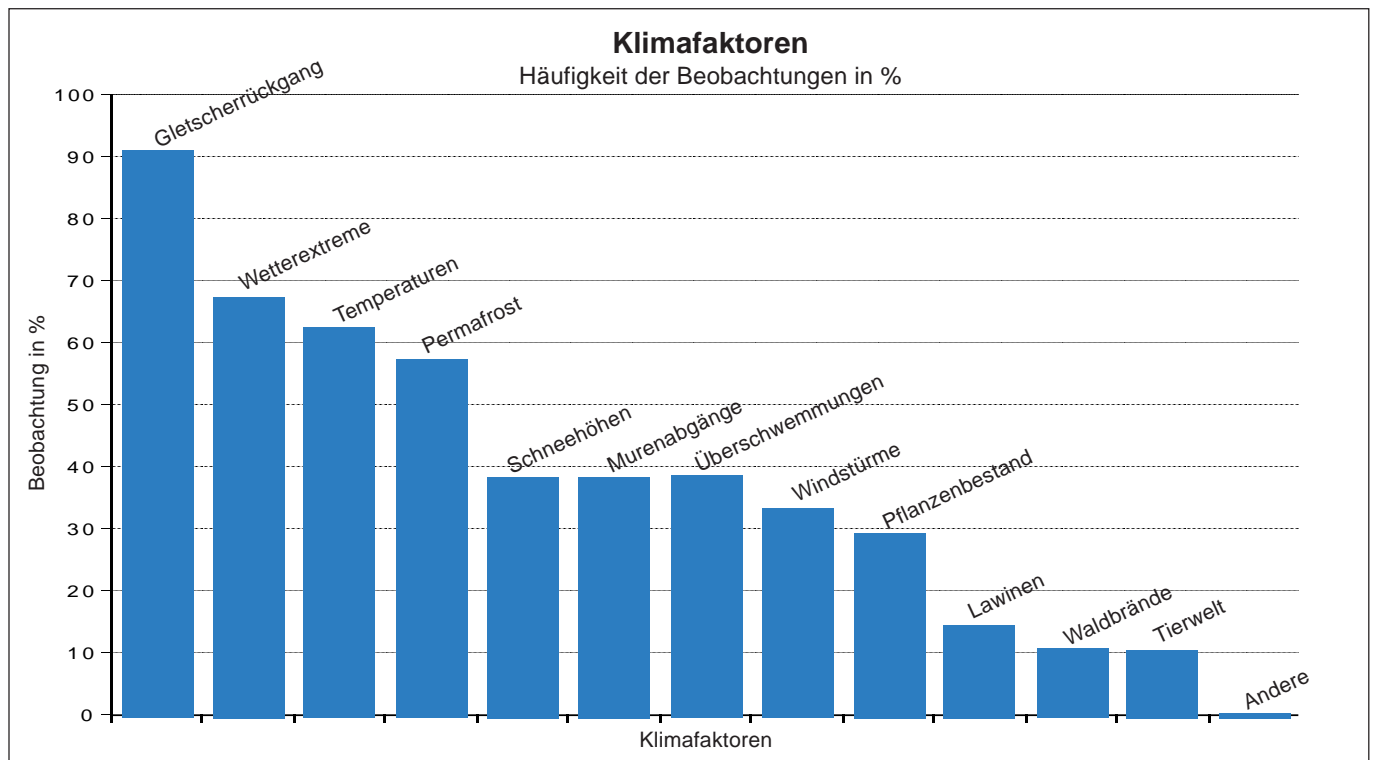
Von den befragten Personen hat knapp die Hälfte konkrete Beobachtungen zu Klimaänderungen im Unterengadin gemacht. Von den übrigen Befragten wurden allgemeine Feststellungen angegeben, die auch auf das Unterengadin zutreffen können. Stellvertretend dafür sei folgende Anmerkung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) genannt:

„Beim Thema Klimaänderung sollte nicht auf eine zu kleine Region bezogen werden. Studien die in inneralpinen Tälern gemacht werden, dürften durchaus auch für das Unterengadin repräsentativ sein.“³⁴

Auch seitens des Amtes für Natur und Umwelt Graubünden (ANU) wird vermerkt, dass allgemein für das Unterengadin ähnliche Annahmen zutreffen, wie für das Oberengadin.³⁵ Demgegenüber können jedoch, aufgrund unterschiedlicher Höhenlage, Topografie,

Exposition und Wetterlage, durchaus unterschiedliche lokale Beobachtungen gemacht werden. Eine Zusammenfassung der von Feststellungen zum Klimawandel im Unterengadin zeigt die nachstehende Grafik.

Abb. 8: Übersicht von beobachteten Klimafaktoren im Unterengadin



(Grafik: M. Jenny, MA-Umfrage, 2006)

Die obige Grafik zeigt in absteigender Reihenfolge die Häufigkeit von Beobachtungen verschiedener Klimafaktoren. Am weitaus häufigsten wurde bei der Umfrage der Gletscherrückgang zu 91% als Folge der Klimaerwärmung genannt. Rund zwei Drittel der Beobachtungen betrafen Wetterextreme (Starkniederschläge, Trockenperioden) zu 67%, Temperaturen (Hitzehöchstwerte, Kältetiefstwerte, Hitzetage, Kältetage) zu 62% und Auftauung des Permafrosts zu 57%. Etwa ein Drittel der Befragten nannten Schneehöhe nach Höhenlage, Murenabgänge und Überschwemmungen je zu 38%, Windstürme zu 33% und Veränderungen bei Pflanzen (Gebirgsflora, Waldbestand) zu 29%, als Folge des Klimawandels. Nur vereinzelt genannt wurden Beobachtungen von Lawinen zu 14%, Waldbrände und Veränderung der Verhaltensweisen bei Tieren (z.B. Zugvögel, Hochwild) je zu 10% im Zusammenhang mit dem Klimawandel.

Aus Sicht des Amtes für Raumplanung Graubünden (ARP) wird vermerkt, dass Beobachtungen über Klimaänderungen durch Laien nicht gemacht werden können. Wenn überhaupt, dann müsste das die Wissenschaft machen. Allerdings lassen sich Ereignisse beobachten, welche gegebenenfalls von einer sich schleichend im Gange befindenden Klimaänderung vermehrt ausgelöst werden. Ob und welche Ausmasse ein Zusammenhang zwischen Ereignis und Klimaänderung gegeben ist, wird ja auch von der Wissenschaft noch zu beurteilen sein.³⁶

Am besten illustrieren lässt sich der Klimawandel anhand des Gletscherrückgangs. Die Abbildungen auf der folgenden Seite zeigen die Situation des Morteratschgletschers im Vergleich von 1911 (Abb. 9) und 2001 (Abb. 10) zur selbigen Jahreszeit.

Abb. 9: Die Situation des Morteratschgletschers 1911



(Foto: Sammlung Gesellschaft für ökologische Forschung, 1911)

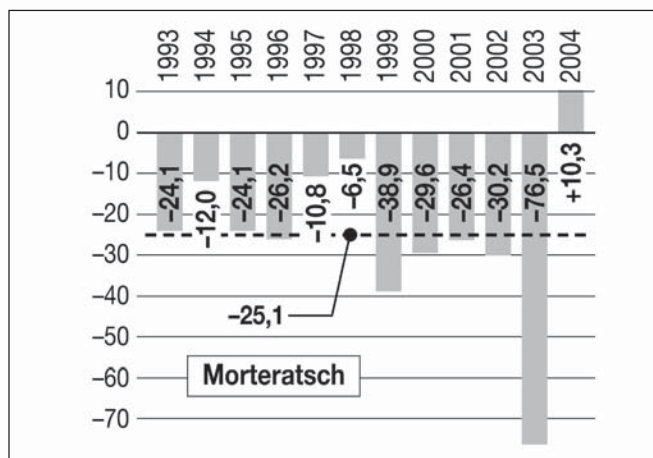
Abb. 10: Die Situation des Morteratschgletschers 2001



(Foto: Sammlung Gesellschaft für ökologische Forschung, 2001)

Der Vergleich des Gletscherrückgangs am Morteratsch ist auch auf andere Gletscherfelder des Engadins übertragbar. So auch z.B. auf den Lischanagletscher. Die vorliegende Abbildung zeigt stellvertretend den Schwund der Gletscher im Unterengadin (Abb. 12). Die nachstehende Grafik (Abb. 11) zeigt das Ausmass des Rückgangs des Morteratschgletschers von 1993 bis 2004 in Metern.

Abb. 11: Gletscherrückgang Morteratsch 1993-2004



(Grafik: Amt für Wald Graubünden, 2005)

Abb. 12: Gletscherfeld Vadret da Lischana 2005



(Foto: ETHZ, 2002)

3.2.1.2 Naturgefahren und Schadensereignisse im Unterengadin

Erst seit wir uns intensiver mit dem Klimawandel befassen, stellen wir bewusst eine Zunahme von Naturgefahren und Schadensereignissen fest. Diese Feststellung wurde auch vom Beratenden Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC) an der Universität Bern, in dessen Bericht „*Extremereignisse und Klimaänderung*“ gemacht.³⁷ Darin wird vermerkt, dass die Wahrscheinlichkeit und die räumliche Verteilung von Extremereignissen sich mit der Klimaänderung graduell verschieben werden. Gegenwärtig sei eine Häufung von Naturkatastrophen zu beobachten.³⁸

Eine Zunahme von Extremereignissen ist aus statistischer Sicht jedoch sehr schwierig zu belegen, da es sich definitionsgemäss um seltene Ereignisse handelt, deren Zu- und Abnahme sich nur durch sehr lange Zeitreihen verifizieren lässt.³⁹ Aufgrund der Befragung wurden im Unterengadin in den vergangenen Jahren zahlreiche Naturereignisse mit Schadenfolgen beobachtet. Als Beispiel genannt wurden:

- Lawinenabgänge im Februar 1999 (Gebäudeschäden in Ramosch, Schäden an den Bergbahnen Samnaun, Bergbahnen Motta Naluns)⁴⁰

- Trockenheit in den Sommern 2003/ 2004 von Ftan bis Tschlin, infolge dessen landwirtschaftliche Kulturen intensiv bewässert wurden.⁴¹
- Unwetterereignisse im August 2005 (Hangrutsch im untern Val Tasna mit Beschädigung der Eisenbahnbrücke der RhB; Überschwemmungen in den Gemeinden Susch und Pfunds, wodurch das Unterengadin über längere Zeit von der Umwelt abgeschlossen war; Hochwasser in den Seitentälern Val S-charl, Val d' Uina, Val Tasna und Samnauntal).⁴²

Generell kann angenommen werden, dass aufgrund der prognostizierten Klimaveränderung Naturereignisse mit Schadenfolgen auch im Unterengadin häufiger werden. Entsprechende Schutzmassnahmen, baulicher, biologischer, planerischer und organisatorischer Art, werden in Zukunft wichtig sein. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Vorsorge, als auch der Sanierung von Sachschaden.

Zwei Fallbeispiele besonders gravierender Schadensereignisse im Unterengadin:

Abb. 13: Der Lawinenwinter 1999



(Foto: Gemeinde Scuol, 2000)

Abb. 13. Lawinenkegel von zwei Lawinen, die sich am Osthang des Muot da l'Hom gelöst haben und bis über die Tasnabrücke hinaus vorgedrungen sind. Auch Ardez war längere Zeit von der Umwelt abgeschnitten. Lawinen in den Seitentälern haben gewaltige Schäden an Wald und Land gebracht.

Abb. 14. ist ein Luftbild des Überschwemmungsgebietes in Susch, aufgenommen am 25.08.2005. Infolge heftiger Niederschläge kam es zu starken Murgängen und Überschwemmungen, die in Susch zu erheblichen Sachschäden an Gebäuden und Strassen führten.

Schadensereignisse werden meistens nur dokumentiert, wenn ein Schadenpotenzial vorhanden ist. Daher ist die Behauptung, dass Schadensereignisse infolge des Klimawandels zunehmen, mit Vorsicht zu deuten.⁴³ Analoges kann zu den Lawinnenniedergängen gesagt werden, wonach in der Regel nur solche erfasst werden, welche Schäden an Gütern verursachen.⁴⁴ Hinsichtlich des Schadenpotenzials muss jedoch beachtet werden, dass es mehr Bauten und Verkehrswege gibt als früher und damit mehr, das kaputtgehen kann.⁴⁵

Abb. 14: Das Unwetter/Hochwasser 2005

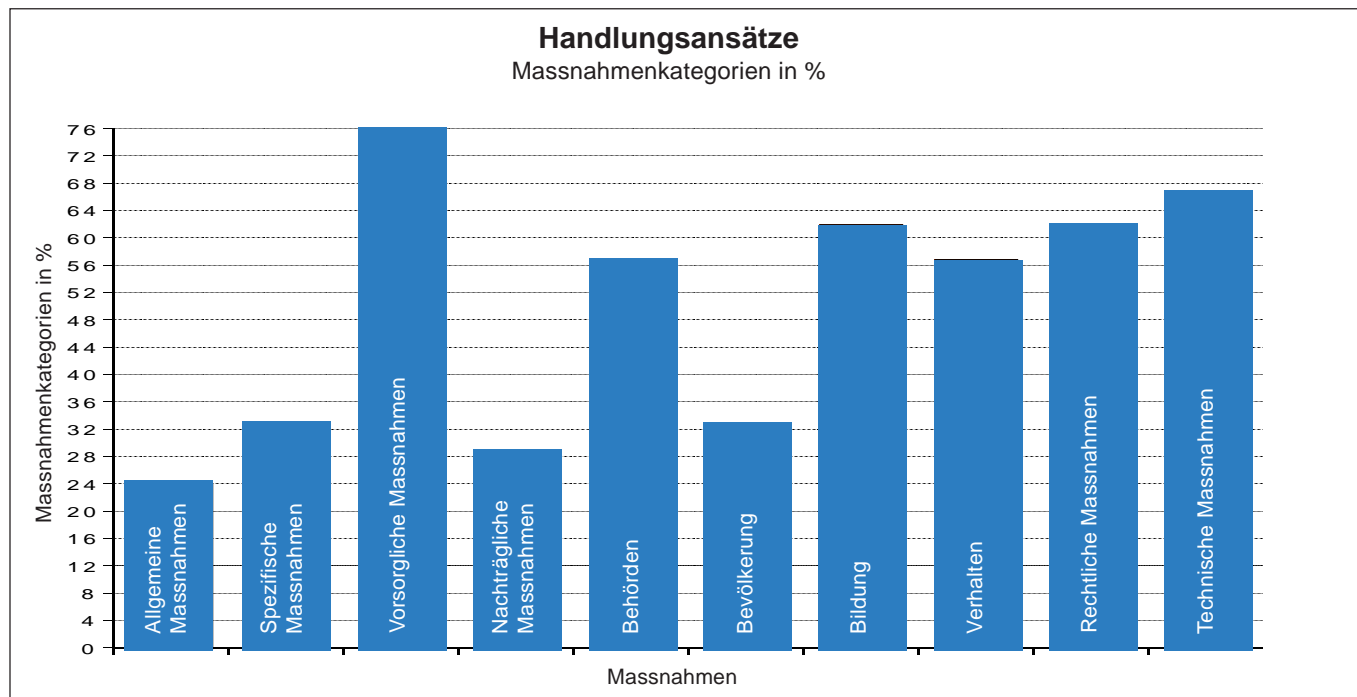


(Foto: Schweizer Luftwaffe, 2005)

3.2.1.3 Massnahmen zum Klimaschutz im Unterengadin

Bevor wir auf die konkreten Massnahmen eingehen, sind in der nachstehenden Grafik Handlungsansätze aufgezeigt die aufgrund der Umfrage gewichtet worden sind.

Abb. 15: Handlungsansätze



(Grafik: M. Jenny, MA-Umfrage, 2006)

Die offene Auslegung der verschiedenen Massnahmen, die getroffen werden sollten, zeigt ein sehr unterschiedliches Bild an Prioritäten. Spitzenreiter bilden die vorsorglichen Massnahmen zu 77%, gefolgt von den technischen Massnahmen zu 67%, den rechtlichen Massnahmen zu 62% und den Massnahmen im Bildungsbereich ebenso zu 62%. Massnahmen der Behörden und zur Verhaltensweise betragen je 57%. Spezifische Massnahmen sowie Massnahmen der Bevölkerung werden je zu 33% als erforderlich genannt. Allgemeine Massnahmen zu 24% und nachträgliche Massnahmen zu 29% ergaben die tiefsten Prioritäten. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Handlungsansätze vor allem bei der Vorsorge, bei der Bildung und zur Verhaltensweise sowie bei rechtlichen und technischen Massnahmen liegen.

Zu den genannten Massnahmen sind aus der Befragung verschiedene Anmerkungen gemacht worden, die ich hier wie folgt festhalten möchte:

Gemäss BAFU ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Klimaänderung nur mit einem ganzen Set von Massnahmen bekämpft werden kann. Auch Anpassungsstrategien erfordern ein Set von Massnahmen.

In der Liste fehlen die lenkenden Massnahmen (Lenkungsabgaben als marktwirtschaftliche Massnahmen), wie sie im CO₂-Gesetz geregelt sind.⁴⁶

Die Funktionsweise des CO₂-Gesetzes ist auf der Web-Site des BAFU beschrieben.⁴⁷

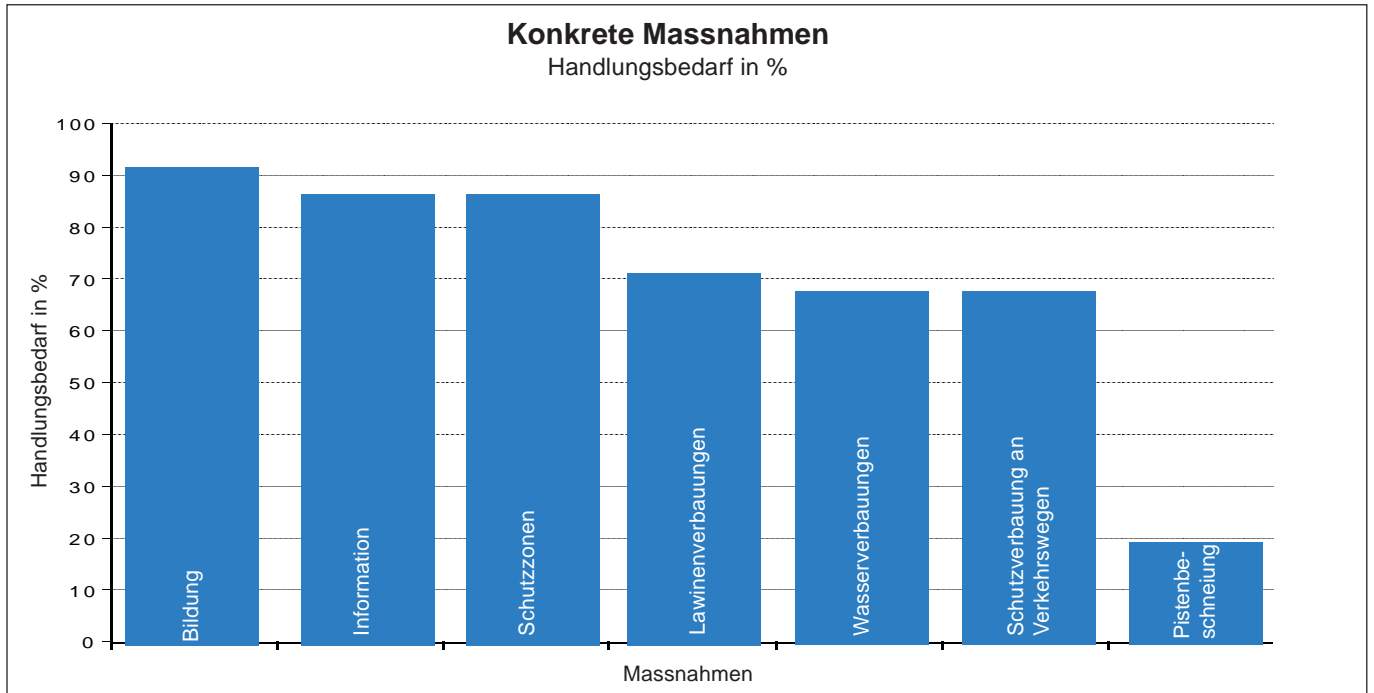
Generell wird vermerkt, dass es zum Klimaschutz einen ganzen Massnahmenkatalog braucht, der in Zielsetzung, Prioritäten, Nutzen und Realisierbarkeit zweckmässig ist.⁴⁸

Gemäss ARE müssen Massnahmen sinnvoll sein und es müssen genügend Mittel für die „richtigen“ Massnahmen eingesetzt werden.⁴⁹

Gemäss Angaben des Instituts für Schnee und Lawinenforschung (SLF) wird ein Risikokreislauf gemäss der PLANAT-Strategie⁵⁰ aufgezeigt. Im Wesentlichen beinhaltet diese die Prävention (Vorsorgliche Massnahmen) – Intervention (rechtliche/behördliche Massnahmen) – Wiederherstellung (technische Massnahmen).⁵¹

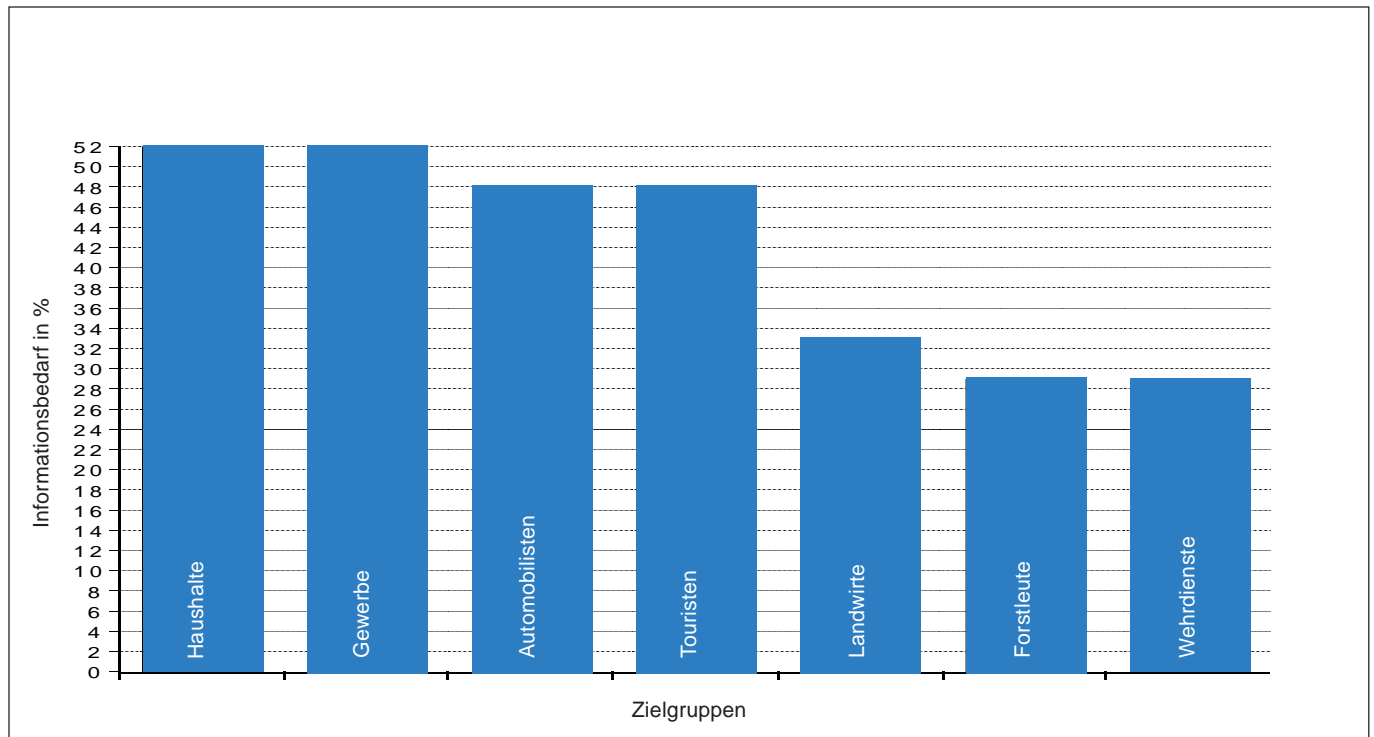
Abb. 16: Konkrete Massnahmen zum Klimaschutz

Hauptgewicht der Massnahmen wird auf die Bildungsarbeit (Wissensvermittlung in den Schulen) zu 91% gesetzt. Hohe Priorität bildet auch die Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung durch Information und Öffentlichkeitsarbeit zu 86% sowie die Ausscheidung von Gefahren(schutz)zonen in der Raumplanung zu 86%. Baulich-technische Massnahmen werden zu zwei Drittel der Befragten als wichtig erachtet. Dazu gehören Lawinenverbauungen und



(Grafik: M. Jenny, MA-Umfrage, 2006)

Schutzwaldpflege zu 71%, Hochwasserschutz an Gewässern und Schutzbauten an Verkehrswegen (Strassen und Bahnen) zu je 67%. Lediglich 19% der Befragten erachteten die künstliche Pistenbeschneigung als Massnahme zum Klimawandel, jedoch nur als Symptombekämpfung. Wie aus den Anmerkungen der Befragung hervorgeht, ist das Zusammenspiel dieser aufgeführten Massnahmen wichtig.

Abb. 17: Information der Bevölkerung nach Zielgruppen

(Grafik: M. Jenny, MA-Umfrage, 2006)

Die Information der Bevölkerung lässt sich in verschiedene Zielgruppen unterteilen. Rund die Hälfte der Befragten konnte eine Zuordnung hinsichtlich deren Informationsbedarfs aufzeigen. An erster Stelle wurden Information der Haushalte und Gewerbebetriebe betreffend Energieverbrauch und Schadstoffausstoß zu je 52% genannt. Die Information der Automobilisten betreffend Treibstoffverbrauch und Schadstoffausstoß sowie die Information der Touristen hinsichtlich Benützung öffentlicher Verkehrsmittel wurden zu je 48% als erforderlich erachtet. Etwa ein Drittel der Antworten weisen auf die Notwendigkeit der Information der Landwirte bezüglich Güllelagerung und -ausbringung zu 33%, der Information der Forstleute bezüglich Massnahmen zum Klimaschutz sowie der Information der Wehrdienste betreffend Naturgefahren zu je 29% hin.

Im Zusammenhang mit zielgruppenorientierten Massnahmen wurden seitens der Experten folgende Anmerkungen angebracht:

Wenn man über Massnahmen diskutiert, muss man immer die Ziele kennen, respektive IST und SOLL. Um von IST zu SOLL zu kommen, braucht es dann Massnahmen.⁵² Wenn Massnahmen zur Anpassung an die Klimaänderung gemeint sind, dann stehen Schutzmassnahmen für Siedlungen und Infrastruktur im Vordergrund. Wenn Massnahmen zur Reduzierung der Klimaänderung gemeint sind, dann müssten fast alle Lebensbereiche angesprochen werden (z.B. auch Ernährung, Freizeitverhalten, etc.).⁵³

Um eine persönliche CO₂- Bilanz zu erstellen, kann im Internet der ECO₂- Rechner von Novatlantis (Nachhaltigkeit im ETH Bereich) verwendet werden.⁵⁴

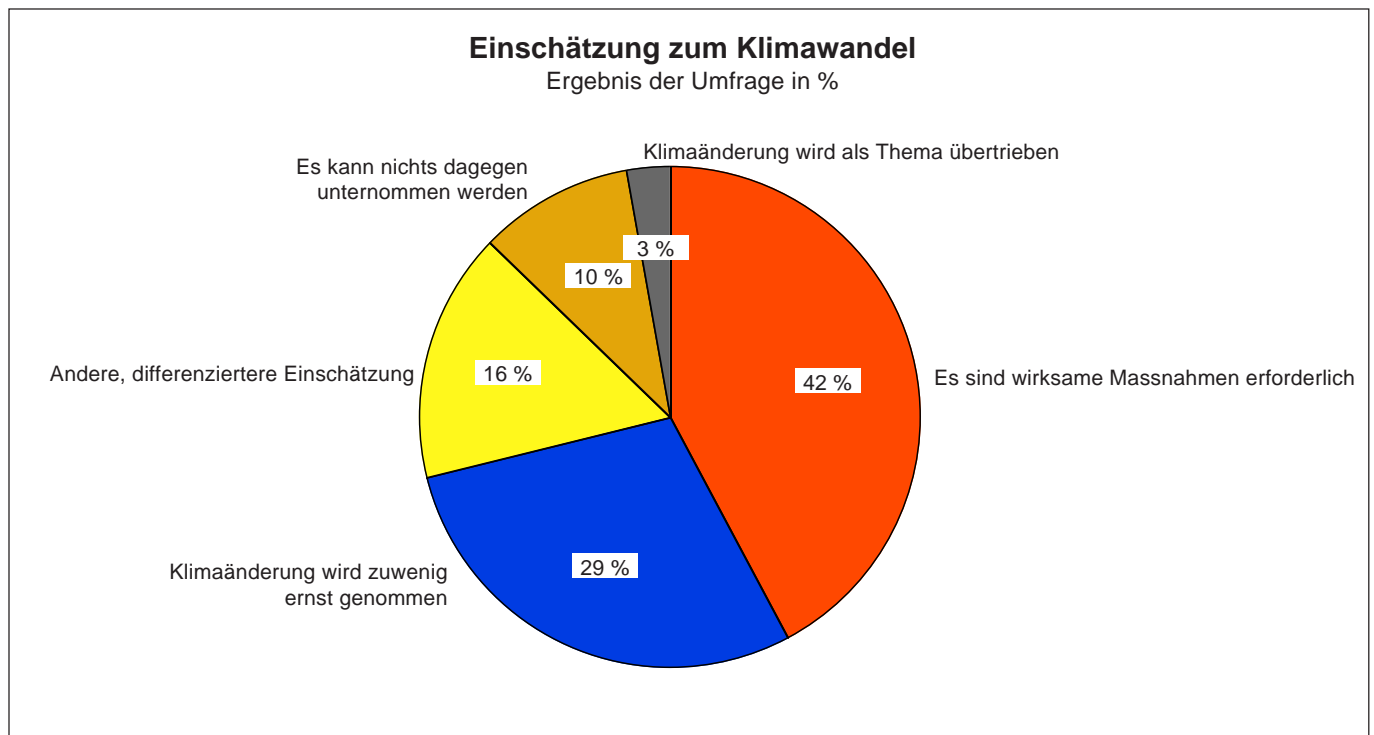
Im Tourismusgebiet sind auch Ferienwohnungen als Quelle von Klimagasen wichtig.

Dazu gehört auch die Information von Ferienhausbesitzern über den Energieverbrauch leerstehender Ferienwohnungen.⁵⁵ Des Weiteren wird auch auf die Förderung von alternativen Energien (Sonne, Wind) verwiesen.⁵⁶

3.2.1.4 Einschätzung der Experten zum Klimawandel

Im Rahmen der Umfrage wurde versucht, eine allgemeine Einschätzung der Experten zum Klimawandel zu definieren. Hierzu wurden vier unterschiedliche Leitsätze formuliert mit der Aufforderung, die am ehesten zutreffende Version zu wählen. Auch bestand die Möglichkeit, eine „eigene, andere oder differenziertere Einschätzung“ zu geben.

Abb. 18: Einschätzungen der Experten zum Klimawandel



(Grafik: M. Jenny, MA-Umfrage, 2006)

- Am meisten Zustimmung fand bei 42% der Befragten folgende Einschätzung:
„Es müssen wirksame Massnahmen getroffen werden, um die Treibhausgase zu vermindern; nur so kann der globalen Klimaänderung entgegengewirkt werden.“
- 29% der Befragten stimmten der folgenden Formulierung zu:
„Die Klimaänderung wird (noch) viel zu wenig ernst genommen und es wird heute noch viel zu wenig gegen die bekannten Ursachen unternommen. Ausbaden muss es die Zukunft.“
- Lediglich 10% der Befragten waren der Ansicht:
„Die Klimaänderung findet statt, dagegen kann realistischer Weise nichts unternommen werden. Wir müssen lernen, uns damit abzufinden und uns auf ein Leben unter veränderten klimatischen Bedingungen einstellen.“
Dazu wurde seitens des BAFU folgende Anmerkung gemacht: Die Frage ist, wie gross die Klimaänderung sein wird. Bringen wir es fertig, sie in einem vernünftigen Rahmen zu halten (ca. 2°C Erwärmung global bis Ende 2100 gegenüber vorindustriellen Werten), oder werden wir diesen Rahmen sprengen und mit beträchtlichen ökonomischen Schäden rechnen müssen, die jedoch weltweit sehr ungleich verteilt sein werden.⁵⁷
- Einzig eine Antwort bzw. 3% wählte nachstehende Formulierung mit entsprechender Ergänzung:
„Die Klimaänderung wird als Thema teilweise übertrieben hochgespielt; es hat schon immer Klimaschwankungen und Wetterextreme gegeben. Diese können in Zukunft weiter zunehmen oder auch wieder abnehmen, ohne dass Massnahmen getroffen werden.“
Aber nicht in dieser absoluten Formulierung, eher im Sinne: *„Das eine tun und das andere nicht lassen“* oder mit anderen Worten: *„Massnahmen treffen aber vorbereitet sein auf veränderte klimatische Bedingungen“*.⁵⁸
- Eine ähnliche Betrachtung wurde unter der Rubrik *„Eigene, andere oder differenziertere Einschätzung“* dargelegt, zu der sich 16% der Befragten äusserten:
*„Die Klimaänderung findet statt, dagegen kann realistischerweise nichts unternommen werden. Wir müssen lernen, uns damit abzufinden und uns auf ein Leben unter veränderten klimatischen Bedingungen einstellen, gleichzeitig müssen wirksame Massnahmen getroffen werden, um die Treibhausgase zu vermindern; nur so kann der globalen Klimaänderung entgegengewirkt werden.“*⁵⁹

- Eine weitere Einschätzung war:

„Klimaschwankungen und Wetterextreme hat es immer schon gegeben, dennoch sollten Massnahmen zum Schutz der Umwelt getroffen werden.“⁶⁰

Bemerkenswert ist die Ermahnung des BAFU hinsichtlich der Beurteilung dieser Einschätzungen:

Bei einer solchen Bewertung besteht die Gefahr, in „Katastrophismus“ zu fallen. Eine nüchterne Betrachtung tut Not. Wir dürfen nicht davon ausgehen, dass das Klima des 20. Jahrhunderts DAS richtige Klima war und jede Abweichung davon katastrophal ist. Die Frage ist: Wie viel Abweichung ist tolerierbar (global $< 2^{\circ}\text{C}$ oder $> 5^{\circ}\text{C}$); im ersten Fall dürften Auswirkungen noch im Rahmen bleiben und Anpassungen gut möglich sein; im zweiten Fall muss mit sehr hohen Kosten (materiellen wie immateriellen) für Schäden und Anpassungsmassnahmen gerechnet werden. Daneben ist insbesondere auch die Geschwindigkeit der Änderung zu beachten. Erfolgt die Änderung zu rasch, können Ökosysteme zusammenbrechen und die ökonomischen Kosten einer Anpassung in einer zu kurzen Zeit anfallen und prohibitiv hoch werden.⁶¹

Aus diesen Einschätzungen kann nachstehende Schlussfolgerung gezogen werden:

Trotz der unterschiedlichen Zuordnung der Einschätzungen besteht unter den befragten Fachleuten eine weitgehende Übereinstimmung, dass eine Klimaänderung stattfindet, dass wirksame Massnahmen getroffen werden müssen, um Treibhausgase zu vermindern und damit den Folgen einer globalen Klimaänderung entgegen wirken zu können.

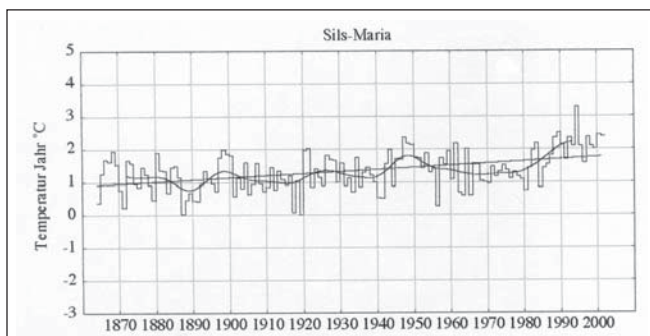
3.2.2 Spezifische Fragen an Meteorologen und Schneefachleute

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 8 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.2.1 Einfluss der Klimaänderung auf Schneehöhenveränderungen, Naturgefahren, Wetterextreme, sowie Temperaturschwankungen im Unterengadin

Fragen der Meteorologie können für eine so kleine Region nicht regionsspezifisch beantwortet werden. Für das Unterengadin wurden von MeteoSchweiz Messdaten von Sils-Maria (Oberengadin) vorgeschlagen. Die Daten sind publiziert in der Veröffentlichung von MeteoSchweiz „Das Schweizer Klima im Trend. *Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864-2001*“.⁶²

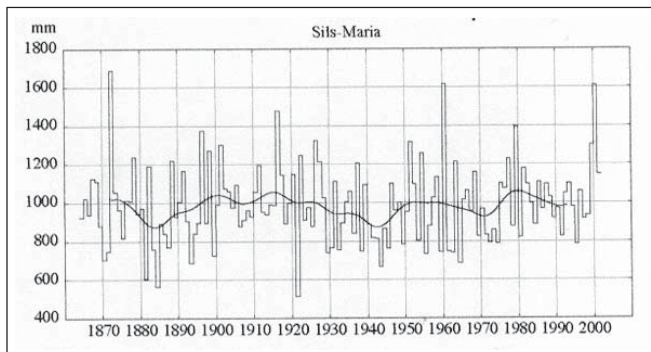
Abb. 19. Temperaturverlauf von 1864-2001



(Grafik: Meteoschweiz, 2004)

Die Betrachtung der Temperaturkurven von Sils-Maria, zeigt zunächst jährliche Schwankungen von bis zu 2°C Unterschied. Vergleicht man die Durchschnittswerte um die Wende des 20. Jahrhunderts mit denen des 21. Jahrhunderts, stellen wir einen Trend der Erwärmung von rund 0.9°C fest. Dieser Trendunterschied ist allerdings geringer als Messwerte in anderen Regionen. Bezogen auf das Unterengadin bedeutet die Betrachtung dieser Langzeitperiode eine eher mässige, aber doch ansteigende Erwärmung, die sich in Zukunft fortsetzen dürfte.

MeteoSchweiz: Veröffentlichung Nr.68. 2004. S. 20.

Abb. 20. Niederschlagsverlauf von 1864-2001

(Grafik: Meteoschweiz, 2004)

Bezüglich *Schneehöhenveränderungen* wurde ein Anstieg der Schneehöhengrenzen festgestellt, sodass die Schneesicherheit in tieferen Lagen nicht mehr garantiert ist. Die Schneemengen werden in tiefen Lagen abnehmen (Niederschläge in Form von Regen), in höheren Lagen (oberhalb von 1500-2000 m ü. M.) zunehmen (mehr Winterniederschläge).⁶³ In tieferen und mittleren Lagen (< 1600 m ü. M.) liegt mengenmässig weniger und zeitlich weniger lange Schnee wie früher.⁶⁴

Bezüglich *Naturgefahren* kann festgehalten werden, dass häufigere Wetterextreme (Starkniederschläge) vermehrt Murgänge verursachen.⁶⁵ Auch das Auftauen des Permafrosts liefert ein verstärktes Potenzial für Murgänge, Wildbäche und Felsstürze.⁶⁶

Die Entwicklung von *Extremereignissen* bezüglich Wetter und Temperatur, ist schwer vorauszusagen. Jedoch ist aufgrund der physikalischen Prozesse der Meteorologie eine Zunahme von Extremereignissen, wie heisse Sommer, Schneefall und Gewitter zu verzeichnen.⁶⁷ Die allgemeine Jahrestemperatur ist auch im Unterengadin angestiegen. Beobachtet werden auch zunehmend extrem hohe Wärmeeinbrüche und Temperaturschwankungen.⁶⁸ Hohe Schneemengen und rasches Auftauen verhindern das Aufnehmen und die Speicherung des Wassers im Boden und führen zu Überschwemmungen (verändertes Abflussregime der Flüsse) im Unterland.⁶⁹ Auffallend ist, in den letzten Jahren, neben intensiveren Niederschlagsereignissen, ein vermehrtes Auftreten von langen Trockenheiten.

Die Jahresniederschläge von Sils-Maria, weisen sehr hohe Unterschiede auf mit Tiefstwerten im Jahre 1921 von ca. 500 mm und Höchstwerten von über 1600 mm, in den Jahren 1873, 1960 und 2000. Der Verlauf der Kurve weist wellenförmige Schwankungen von zwischen 900 und 1050 mm auf. Bei den durchschnittlichen Jahrsniederschlägen sind kaum Tendenzen festzustellen. Auch bei der Betrachtung der Niederschlagsentwicklung der Winterhalbjahre und der Sommerhalbjahre, sind wenig Auffälligkeiten zu verzeichnen. Die Häufung von Wetterextremen wirkt sich zwar auf momentane Starkniederschläge stark aus, haben jedoch auf die gesamte Niederschlagsmenge kaum grossen Einfluss.

MeteoSchweiz: Veröffentlichung Nr. 68. 2004. S. 30.

Mit zunehmender Trockenheit wird sich die Biodiversität verändern. Fremde Pflanzen treten auf.⁷⁰

Zu diesem Kapitel wurden seitens SLF und ANU folgende grundlegende Anmerkungen gemacht: „*Schaden*“ und „*Gefahr*“ sind primär die menschlichen Perspektiven, da sie werten. In der Natur gibt es nur „*Veränderung*“ (wertneutral). In Regionen wie dem Unterengadin liegt jedoch keine massive Gefährdung für die Menschen vor, auch wenn es einzelne hart treffen kann.⁷¹ Aufgrund der Befragung von Meteorologen und Schneefachleuten stellen wir auch im Unterengadin Auswirkungen von meteorologischen Prozessen auf die Umwelt fest. Die Entwicklung der künftigen Veränderung des Klimas und somit die Auswirkungen auf die Umwelt ist jedoch nicht prognostizierbar.⁷²

3.2.2.2 Folgerungen aus der Beurteilung von Meteorologen und Schneefachleute zur Situation des Klimas im Unterengadin

Hauptkenntnisse der Befragung der Meteorologen und Schneefachleute, sind hinsichtlich Schneehöhenveränderungen, dass die in Form von Schnee ansetzenden Niederschläge, in höheren Lagen (>1500-2000 m ü. M.) tendenziell zunehmen, dagegen in tieferen und mittleren Lagen (<1600 m ü. M.) eher abnehmen und der Schnee zeitlich weniger lange liegen bleibt. Dies hat Auswirkungen auf die Schneesicherheit der Skigebiete unterhalb 2000 m ü. M. Hinsichtlich Naturgefahren stellt das Auftauen des Permafrosts wie auch die Zunahme von Starkniederschlägen, ein verstärktes Potenzial für Murgänge, Felsstürze und Überschwemmungen dar. Hinsichtlich Wetterextreme und Temperaturschwankungen ist in den letzten Jahren ein vermehrtes Auftreten von langen Trockenperioden aufgefallen, die auf den Zustand der Pflanzen, den Wald und die landwirtschaftlichen Kulturen nachteilige Auswirkungen zeigen.

3.2.3 Spezifische Fragen an Touristiker und Bergbahnen

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 4 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.3.1 Einfluss der Klimaänderung auf den Tourismus im Unterengadin

Klima und Wetter sind wichtige Faktoren des natürlichen Angebotes (Pistenanlagen, Bergbahnen) im Tourismus. Sie beeinflussen auch die touristische Nachfrage (Wetterlage, Schneesicherheit).

Die Klimaänderung wird innerhalb des Tourismus zu Veränderungen führen, sowohl bei der Bedeutung unterschiedlicher Tourismusformen, als auch bei der Attraktivität verschiedener touristischer Destinationen.⁷³ Auf das Unterengadin bezogen bedeutet dies, ein breites Spektrum an touristischen Angeboten zu schaffen und die notwendigen Ressourcen sicherzustellen, um kritische (schneearme) Verhältnisse auszugleichen.

Das Unterengadin verfügt über ein ausgezeichnetes Angebot an Pistenanlagen und Bergbahnen und an Schönwettertagen, welche die Attraktivität des regionalen Tourismus günstig beeinflussen.

Eine gewisse Schwachstelle bildet die mangelnde Schneesicherheit in Folge des Anstiegs der Schneehöhengrenze, des Ausbleibens von Winterniederschlägen und Wärmeeinbrüchen im Winter. Rückschlüsse auf eine Klimaänderung sind am ehesten bei der Schneesicherheit im Winter (man will Schneegarantie) und bei den Sommerferien („*Schönwetterdestinationen*“ haben es einfacher) ersichtlich.⁷⁴

Wetterperioden beeinflussen das Urlaubsverhalten der Touristen. Diese nehmen Rücksicht auf die Wetterprognosen bei der Auswahl der Ferientage. Sie treffen kurzfristige Entscheide und bleiben bei ungeeigneten Bedingungen aus. Der Trend zum Kurzurlaub hat sehr stark zugenommen. Der Spontanurlauber „*plant*“ seine Reisen mit dem Wetter.⁷⁵

Der Klimawandel hat eine gewisse Umorientierung des Tourismussektors auch im Unterengadin zur Folge. Trotzdem erscheint eine Festigung des bestehenden (bewährten) Angebots im Winter- und Sommertourismus als wichtig. Die Angebotsgestaltung und die Kommunikation müssen, von dem was das Unterengadin aufweist, optimiert werden.⁷⁶

Zur nachhaltigen Sicherstellung des Tourismus in der Region müssen jedoch vorsorgliche Massnahmen getroffen werden. Es sind Investitionen für die Sicherheit vor Naturgefahren (Lawinenverbauung, Strassenausbau) und Investitionen der Bergbahnen (Beschneigungsanlagen) nötig.⁷⁷

Aus Sicht von Samnaun Tourismus ist neben dem Klimawandel die wirtschaftliche Lage für den Tourismus mindestens genauso wichtig. Auch in Jahren mit guten Schneebedingungen ist im Wintertourismus allgemein ein Rückgang feststellbar. Wichtige Eckpfeiler sind innovative touristische Ideen, günstige Infrastrukturen und Preispolitik sowie ein gesundes Umweltbewusstsein. Als Beispiel aufgeworfen wurden seitens der PEB folgende Slogans: „*Naturferien – umweltbewusste Ferien*“, „*Autofrei*“, „*Sport und Natur pur – wandern und MTB (Mountain Bike)*“, „*Mineralwasser – Wasser (sauberes) als Zukunft*“.⁷⁸ Aus der Sicht von Scuol Tourismus sind effiziente Strukturen mit einer adäquaten Angebots- und Produktgestaltung erforderlich. Die Kommunikation soll an einer Hand erfolgen.⁷⁹ Dies hat wenig mit dem Klimawandel direkt zu tun. Auch eine Konzentration von Informationen zum Klimaschutz im Tourismus könnte als zweckmässig erscheinen.

3.2.3.2 Folgerungen für den Tourismus im Unterengadin

Aufgrund der Befragung von Tourismusfachleuten wird keine unmittelbare Gefährdung für den Unterengadiner Tourismus festgestellt. Jedoch müsse zur Natur und Umwelt Sorge getragen werden. Schliesslich ist es das Kapital des Unterengadins. Sollte sich die Klimaerwärmung in den nächsten Jahren fortsetzen, entsteht eine Gefährdung des Wintertourismus in tiefer gelegenen Skigebieten. Auf den Sommertourismus sind voraussichtlich keine Auswirkungen des Klimawandels zu erwarten. Mit Ausnahme, dass das Schwinden der Gletscherfelder das Bild der Landschaft verändern wird.

3.2.4. Spezifische Fragen an Wildbiologen

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 4 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.4.1 Einfluss der Klimaänderung auf die Tierwelt

Anhand des Verhaltens von Wildtieren können kaum verbindliche Rückschlüsse auf Klimaänderungen im Unterengadin gezogen werden. Dafür sind die Forschungsreihen noch zu kurz. Es gibt jedoch gewisse Vermutungen, dass aufgrund veränderter klimatischer Verhältnisse, z.B. durch Veränderung der Vegetation in höheren Lagen, sich die Aufenthaltsräume der Tiere, ebenfalls verändern. Hinsichtlich der Veränderung der natürlichen Lebensräume durch den Klimawandel gibt es gewisse Anzeichen. Beobachtet wurde auf Firnschneefeldern eine Verdrängung des Alpenschneehuhns durch das Steinhuhn.⁸⁰

Ähnliche Beobachtungen wurden von der Vogelwarte Sempach mit der Häufung sehr trockener Sommer in den letzten Jahren gemacht. Festgestellt wurde das Einwandern und Vordringen einiger Tiefland-Vogelarten (z.B. Schwarzkehlchen), während im gleichen Zeitraum andere Arten dieser Gilde (z.B. Wiedehopf) abgenommen haben.⁸¹ Auch ist es vorstellbar, dass das Rotwild neue Äsungsplätze in höheren Lagen einnimmt. Allerdings ist die Fragestellung zur globalen Klimaänderung, ob diese einen eher nachteiligen oder günstigen Einfluss auf die alpine Tierwelt im Unterengadin hätten, sehr komplex. Da immer sehr viele Faktoren die Bestandesverhältnisse der wildlebenden Tiere beeinflussen.⁸²

Abb. 21. Alpenschneehuhn (*Lagopus mutus*)



(Foto: Schweizerische Vogelwarte, 2006)

Während der Eiszeit war das Alpenschneehuhn über ganz Mitteleuropa verbreitet. Als es wärmer wurde, zog es sich nach Nordeuropa und in die Alpen zurück. Vorwiegend in einer Höhe von 2000 bis 2500 m ü. M. hält es sich hier am liebsten in blockübersäten Hängen mit Kuppen und Runsen auf, die reichlich Warten und Deckung bieten. Hier findet es auch die Zwergsträucher und Alpenkräuter, von deren Trieben, Knospen, Samen und Beeren es sich ernährt. Überschreitet die Temperatur 15°C, wird es ihm zu heiss und es sucht einen Ort im Schatten auf. Nach der Brutzeit streifen die Schneehühner vermehrt umher und können dann gelegentlich bis in Höhen von 3600 m ü. M. gelangen. Mit dem Einschneien im Herbst begeben sie sich ins Brutgebiet zurück.

Abb. 22. Steinhuhn (*Alectoris graeca*)



(Foto: Schweizerische Vogelwarte, 2006)

Der Lebensraum des Steinhuhns liegt in den Alpen auf warmen, felsigen Südhängen mit Zwergsträuchern, Einzelbäumen, alpinen Weiden und Blockfeldern, in der Regel über der Waldgrenze. Hohe Schneelagen zwingen diesen Standvogel bisweilen zu Ausweichbewegungen in die Talsohle oder in extreme Höhen mit schneefreien Stellen.

3.2.4.2 Folgerungen für die Tierwelt im Unterengadin

Die Befragung der Wildbiologen des Schweizer Nationalparks, des Amtes für Wald Graubünden und der Vogelwarte Sempach zeigt, dass Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Bestand wildlebender Tiere noch wenig erforscht sind und daher weitgehend auf Vermutungen basieren. Die genannten Beispiele zeigen aber doch, dass sich gewisse Verschiebungen im Verhalten und in der Ausbreitung von Tieren im Unterengadin bemerkbar machen.

3.2.5 Spezifische Fragen an Geobotaniker

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 5 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.5.1 Einfluss der Klimaänderung auf die Gebirgsvegetation

Anhand von Pflanzen können gewisse Rückschlüsse auf klimatische Veränderungen gezogen werden. Botanische Beobachtungen haben gezeigt, dass Pflanzenarten in ihrer Verbreitung auch im Unterengadin nach oben gestiegen sind. Ebenso zeigt sich eine Verschiebung der oberen Waldgrenze nach oben.⁸³ Ausser bei der Gipfflora ist es heikel, anhand veränderter Pflanzengesellschaften direkt auf Klimaänderungen zu schliessen.⁸⁴

Zur Illustrierung der Klimaeinflüsse auf die Gipfflora liegen Langzeitbeobachtungen auf dem Piz Linard (3400 m ü. M.) vor. Es liegt dort weltweit die längste Beobachtungsserie vor, welche Aufschluss über Veränderungen der Gipfflora seit 1835 bis zur Gegenwart gibt. Dokumentiert wurde 1835 der Alpen-Mannsschild als einzige Pflanzenart; 1864 wurden drei Blütenpflanzen angegeben; 1895 vier; 1911 acht; 1937 zehn Arten. Seit damals hat sich die Artenzahl nicht mehr verändert. Im Jahre 1992 wurden zwei bisherige Arten nicht mehr gefunden, dafür zwei neue. Das zeigt, dass im Zuge der allgemeinen Erwärmung seit Mitte des 19. Jahrhunderts, Blütenpflanzen, die sich in Grenzlagen vorwagen, sich langsam am Gipfel etabliert haben.⁸⁵

Abb. 23. Der Alpen-Mannsschild (*Androsace alpina*)



(Foto: Wikipedia, 2006)

Als Standort bevorzugt die Kalk meidende Pflanze feuchte, lange mit Schnee bedeckte Böden, Schutt und Fels. Diese Art kommt in den Alpen, auf einer Höhe von 2200 - 4200 m ü. M. insbesondere in den Silikatketten vor, und gehört zu den zehn am höchsten steigenden Alpenpflanzen.

3.2.5.2 Folgerungen für die Pflanzenwelt im Unterengadin

Die geobotanische Beurteilung von Fachleuten des Schweizerischen Nationalparks (SNP) und des Amtes für Umwelt Graubünden ANU verweist insbesondere auf die Betrachtung der Gebirgsflora, bei der am besten Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Pflanzengesellschaften im Unterengadin zu ziehen sind. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel stellt auch das Amt für Wald Graubünden eine Veränderung der Vegetation durch den Anstieg der oberen Waldgrenze in höheren Lagen des Unterengadins fest.

3.2.6 Spezifische Fragen an Forstfachleute

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 2 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.6.1 Einfluss der Klimaänderung auf den Wald

Veränderungen an Wäldern haben nicht nur mit dem Klima zu tun. Bis um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Gebirgswälder für die Gewinnung land- und alpwirtschaftlicher Flächen gerodet. Ausgedehnte Kahlschläge dienten der Holzgewinnung für das Kalkbrennen, Salzsieden, die Verhüttung von Erzen und die Holzausfuhr.

Als Beispiel für das Kalkbrennen finden wir im Unterengadin noch heute gut erhaltene Relikte von alten Kalköfen z.B. in Ramosch und Sur En (Sent). Es ist bekannt, dass grosse Mengen an Holz für die Salzgewinnung in Hall bei Innsbruck geflösst wurden.⁸⁶ Bestes Beispiel für die Verhüttung von Erzen im Unterengadin ist die „Schmelzra“ in S-charl. Für die Holzausfuhr wurden über lange Zeit die in höchsten Lagen befindlichen Arven verwendet. Erst Lawinenkatastrophen, Hangrutschungen und Überschwemmungen gaben den Anstoss für den Erlass des ersten Eidgenössischen Forstgesetzes vom Jahre 1876, welches Kahlschläge von Wäldern untersagte und die Waldfläche in ihrem Bestand garantierte.^{87,88}

Abb. 24: Kalkbrennofen in Ramosch



(Foto: R.D. Jenny, 2002)

Was haben diese historischen Begebenheiten nun mit dem Klimawandel von heute zu tun?

Es kann festgehalten werden, dass die Wälder ein grosses Potenzial als CO₂- Speicher darstellen. Sie haben die Fähigkeit CO₂ in Form von Holz zu binden. Weiter erfüllen Wälder eine wichtige stabilisierende Funktion gegen Hangrutschungen. Als Bannwald schützen sie die unterhalb gelegenen Siedlungen vor Lawinen. Diese Tatsachen zeigen, wie wichtig der Wald, in Zeiten veränderten Klimas mit zunehmenden Naturgefahren, ist. Der Wald selber scheint durch die Klimaerwärmung nicht gefährdet zu sein. Jedoch könnte eine Zunahme von länger andauernden Trockenperioden, wie in den letzten Jahren, dazu führen, dass auch im Unterengadin, wie in südlichen Ländern, die Entfachung von Waldbränden mit verheerenden Auswirkungen nicht auszuschliessen ist.⁸⁹

Eine beobachtete Veränderung am Waldbestand im Unterengadin im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist die Tendenz des Anstiegs der oberen Waldgrenze. In Folge höherer Jahresmitteltemperatur und damit Verlängerung der Vegetationsperiode begünstigen die Voraussetzungen den Wuchs von Bäumen und Sträuchern in Hochlagen.

Seitens des Forstes werden wichtige Aufgaben getätigt, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen. Für das Unterengadin zu erwähnen sind Schutzverbauungen, besonders entlang von Gerinnen, und die Erhöhung der Kapazität von Rückhaltebecken z.B. im Val Chalzuia (Scuol).⁹⁰

Abb. 25: Schutzwald im Unterengadin



(Foto: R.D. Jenny, 2001)

Das Unterengadiner Bergdorf Vnà zeigt, dass sich zwischen den Dörfern und dem Hochgebirge ein Waldband erstreckt, welches die Häuser vor Lawinen und Murenabgängen schützt.

3.2.6.2 Folgerungen für den Wald und die Waldpflege

Die Befragung der im Unterengadin tätigen Kreisförster zweier verschiedener Generationen, haben gezeigt, wie wichtig für die Bewältigung zukünftiger Probleme, wie der Klimawandel, auch die rückblickende Betrachtung sein kann. Es besteht derzeit durch sachgerechte Waldpflege kaum eine Gefahr für den Wald im Unterengadin. Jedoch wird Forstwirtschaft vermehrt gefordert sein, Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren in Folge des Klimawandels treffen zu müssen.

3.2.7 Spezifische Fragen an Agrarfachleute

Dieser Teil des Fragebogens wurde von 1 der 21 eingegangenen Fragebogen beantwortet.

3.2.7.1 Einfluss der Klimaänderung auf die Landwirtschaft

Die Einflüsse der Landwirtschaft auf den Klimawandel sind bis zu einem gewissen Grade auf „Emissionen“ von Treibhausgasen wie Methan aus der Viehwirtschaft und auf den Humusabbau im Ackerbau zurückzuführen. Da der Viehbestand im Unterengadin (trotz Rekordstückzahlen an Schafen), bezogen auf die Gesamtfläche der Region (in Grossvieheinheiten gerechnet) relativ gering ist und die Grösse der offenen Ackerflächen ebenfalls verhältnismässig klein ist, ist das Ausmass der Erzeugung von Treibhausgasen aus der Landwirtschaft des Unterengadins als eher niedrig zu bewerten.

Die meteorologischen Einflüsse der Klimaänderung auf die Landwirtschaft zeigen Änderungen in der Bewirtschaftung und beim natürlichen Pflanzenbestand der Wiesen. Wir stellen fest, dass in den Trockenperioden der letzten Jahre die Feldbewässerung stark beansprucht wurde, ohne diese beträchtliche Ertragsausfälle zu verzeichnen gewesen wären. Was die natürliche Vegetation der Wiesen betrifft, sind Verschiebungen von Arten innerhalb von Pflanzengesellschaften, infolge veränderter mikroklimatischer Verhältnisse, feststellbar.

Diese Anzeichen sind für das Unterengadin besonders interessant, da doch viele landwirtschaftliche Nutzflächen in unterschiedlichen topografischen und morphologischen Verhältnissen (Terrassen- und Hanglagen, Bergkuppen, Talsohlen, unterschiedliche Bodenarten) Naturwiesen sind. Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Kulturen wirken sich wärmere Temperaturen eher günstig auf die Pflanzen aus, dagegen lange Trockenperioden eher ungünstig. Extreme Wetterereignisse wie Starkniederschläge und Windstürme können ackerbauliche Kulturen zerstören und Böden erodieren.

Bezüglich dem Klimaschutz ist zu vermerken, dass natürliche Böden, die durch die Landwirtschaft erhalten und gepflegt werden, eine wichtige CO₂- Senke sind. Durch nachhaltige Bewirtschaftung bilden landwirtschaftliche Böden einen wichtigen Wasserspeicher und tragen durch die Aufnahme von Regenwasser dazu bei, Hochwasser durch oberflächlichen Abfluss zu vermindern.⁹¹

Abb. 26: Acker- und Wiesenterrassen im Unterengadin



(Foto: R.D. Jenny, 2001)

Die alten Ackerterrassen, wie diejenigen von Ramosch, wurden ursprünglich für die Landwirtschaft geschaffen. Sie dienen nicht nur der Landgewinnung für den Ackerbau, sondern auch der Stabilisierung des Geländes und damit zum Schutz vor Abrutschungen.

3.2.7.2 Folgerungen für die Landwirtschaft

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Landwirtschaft des Unterengadins als Emittent von Treibhausgasen wohl nur gering in Erscheinung tritt, dass sie in Folge meteorologischer Einflüsse sensibler ist als in anderen Regionen und, dass sie durch nachhaltige Bewirtschaftung wesentlich zur Stabilisierung nicht bewaldeter Flächen beiträgt, und somit einen wichtigen Schutz vor Naturgefahren bietet.

3.3 Schlussfolgerungen aus der Feldarbeit

Zunächst möchte ich festhalten, dass Teilfolgerungen der Feldarbeit jeweils am Schluss der einzelnen Kapitel gezogen worden sind. Dennoch möchte ich einige Punkte besonders hervorheben:

1. Rücklauf der Fragebogen

Die Durchführung der Befragung hat aus meiner Sicht einen erfreulichen Rücklauf an Antworten gebracht. Von 38 versendeten Fragebogen sind 21 beantwortet worden. Dies entspricht einer Quote von 55%. Erfreulich ist dieser Rücklauf aber insbesondere deshalb, weil die Antworten von sehr qualifizierten Fachpersonen aus wichtigen Institutionen, wie auch von Leuten mit guten Kenntnissen der Verhältnisse im Unterengadin stammen. Die Antworten bildeten somit eine solide Grundlage für die Auswertung.

2. Auswertung des Fragebogens

Die Auswertung der Fragebogen erfolgte kapitelweise nach Themen des Klimawandels im Unterengadin. Grundlage hierzu bildeten ein allgemeiner Fragebogen, der von allen Befragten beantwortet wurde, sowie spezifische Fragebogen, die von den Experten der jeweiligen Sachbereiche beantwortet wurden. Methodisch erfolgte die Auswertung zunächst, indem alle Antworten in einem einzigen Bogen zusammengestellt worden sind. Danach wurden die einzelnen Fragen anhand der jeweiligen Antworten ausgewertet. Die Aussagen der betreffenden Experten wurden mit einer Fussnote als Quellenangabe vermerkt. Am Schluss jedes Kapitels wurde jeweils eine Folgerung für das Unterengadin gezogen. Fragen, die anzukreuzen waren, wurden in Form eines Diagramms dargestellt, die zu interessanten Aufschlüssen führten.

3. Allgemeine Erkenntnisse der Befragung

Wesentliche Erkenntnis der Expertenbefragung war, dass sich der globale Klimawandel, der sich weltweit erstreckt, nur schwer auf eine kleine Teilregion des Alpenraums, wie das Unterengadin, direkt übertragen lässt. Es müssen dabei auch die umliegenden Gebiete mit in Betracht gezogen werden. Trotzdem gilt es auch kleinräumige klimatische Unterschiede, wie sie beispielsweise zwischen dem Unterengadin und dem Oberengadin bestehen, zu berücksichtigen. Aufgrund dieser widersprüchlich wirkenden Aussagen, lassen sich allgemeine Schlüsse für das Unterengadin nur

schwer ableiten. Um die Sache zu relativieren, waren konkrete Beobachtungen, die im Unterengadin gemacht worden sind, sehr hilfreich.

4. Besondere Erkenntnisse für das Unterengadin

Die für das Unterengadin wesentlichen Erkenntnisse der Befragung beruhen auf einer Mischung von wissenschaftlich-theoretischen Erkenntnissen für den Alpenraum und praktischen Erfahrungen und konkreten Beobachtungen, die im Unterengadin gemacht worden sind. Die besonderen Erkenntnisse für das Unterengadin sind in den Folgerungen der einzelnen Teilkapitel angegeben.

5. Weitere Bearbeitung

Die Ergebnisse der Befragung können nun weiter ausgearbeitet und dokumentiert werden. Auch lassen sich daraus Vorschläge für die Erstellung eines Massnahmenkatalogs für das Unterengadin entwickeln. Hinsichtlich eines Produktes können die Ergebnisse in Form eines ausführlichen Gesamtberichtes dargestellt werden. Auch wäre es möglich, aus der Fülle von Daten und Informationen eine Broschüre für die Öffentlichkeit zu gestalten.

4. Strategien und Massnahmen

Der Klimawandel ist ein globales Thema und ein globales Problem mit weltweiten Auswirkungen und Folgen, die wir auch auf lokaler Ebene im Unterengadin wahrnehmen. Dies erfordert daher umfassende globale Strategien mit Massnahmen, die bis auf die lokale Ebene reichen und angewendet werden. Diese Erkenntnis zeigt sich auch anhand der Ergebnisse der durchgeführten Umfrage. Die Aussagen der befragten Fachleute stimmen darin überein, dass Massnahmen auf verschiedenen Ebenen (international, national, kantonale, regional und lokal) aufeinander abgestimmt sein müssen, um die Folgen des Klimawandels eindämmen zu können. Dazu gehört ein geeignetes Paket von Massnahmen, das stufengerecht gehandhabt wird. Die vorliegende Arbeit liefert hierzu in Form einer Übersicht ein Massnahmenpaket, das auf das Unterengadin zugeschnitten ist.

4.1 Massnahmen auf verschiedenen Ebenen

4.1.1 Massnahmen international

Wichtige Grundlagen für die Durchsetzung internationaler Massnahmen zum Schutz des Klimas im Alpenraum bilden das „Rahmenübereinkommen über Klimaänderungen (Klimakonvention)“ der Vereinten Nationen aus dem Jahre 1992⁹² sowie das „Übereinkommen zum Schutz der Alpen (Alpenkonvention)“ aus dem Jahre 1991⁹³. Die Klimakonvention verpflichtet alle Staaten auf staatlicher Ebene ein nationales Massnahmenprogramm auszuarbeiten, um dem weltweiten Klimawandel wirksam zu begegnen. Besonders angesprochen sind die Industrienationen, zu denen auch die Schweiz gehört, die Treibgasemissionen zu begrenzen. Wichtiges Ergebnis ist die Ratifizierung des sogenannten „Kyoto-Protokolls“ aus dem Jahre 1997⁹⁴, welches die Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahre 2012 um durchschnittlich 5,2 % (für die Schweiz 10 %) unter das Niveau von 1990 verbindlich festlegt.

Die Alpenkonvention ist hier von Interesse, weil diese die Alpenländer dazu auffordert, einen umfassenden Schutz und eine nachhaltige Entwicklung im gesamten Alpenraum zu gewährleisten. Leider haben die beteiligten Alpenländer es bisher versäumt, ein entsprechendes Klimaprotokoll für den Alpenraum zu schaffen, das den dringlichen Anforderungen der Zeit entspricht. Ein solche Vereinbarung zwischen den Alpenstaaten könnte meines Erachtens wesentlich dazu beitragen, die Anliegen zum Schutz des Klimas in den Alpen zu verstärken.

4.1.2 Massnahmen national

Die schweizerische Klimapolitik setzt sich für den Schutz besonders gefährdeter Landesgebiete vor den Folgen eines sich verändernden Klimas mit irreversiblen Schäden ein. Das wichtigste Klimagesetz in der Schweiz ist das sogenannte „CO₂-Gesetz“ aus dem Jahre 1999⁹⁵, welches eine Reduktion der Treibhausemissionen aus fossilen Brennstoffen, v.a. auf freiwilliger Basis, vorsah. Nachdem sich abzeichnete, dass die Reduktionsziele mit freiwilligen Massnahmen allein nicht erreichbar sind, hat der Bundesrat im Sommer 2005 eine CO₂-Abgabe auf Brennstoffen und einen Klimarappen auf Treibstoffen vorgeschlagen. Das Parlament soll im Laufe des Jahres 2006 darüber Beschluss fassen.⁹⁶ In der Schweiz wurde die bisherige Klimapolitik in andere sektorielle Bereiche (z.B. Verkehrs- und Energiepolitik) integriert, die schon vor Auftreten der Klimadebatte bestanden haben. Wichtige Vollzugsaufgaben für die Umsetzung nationaler Strategien und Massnahmen obliegen den Kantonen.

4.1.3 Massnahmen kantonale

Der Kanton Graubünden verfügt über ein Klimakonzept⁹⁷, welches in einer Übersicht die beteiligten kantonalen Fachstellen und deren Tätigkeiten im Bereich der Massnahmen aufführt. Die genannten Disziplinen dieser Strategie sind

- Messen und Beobachten
- Prävention vor Schäden
- Minderungs- und Verbesserungsmassnahmen
- Abwehrmassnahmen bei Ereignissen

Das Messen und Beobachten dient zur Erkennung von Veränderungen der Klimasituation und zur Erstellung von Prognosen, anhand welchen Massnahmen eingeleitet werden können.

Die Prävention vor Schäden dient der Risikominderung von Gefahren. Vorbeugende Massnahmen wie die Errichtung von Lawinerverbauungen, -galerien, sowie Schutzwaldpflege und Hochwasserschutz sind mit hohen Kosten verbunden, jedoch unvermeidlich, um die Sicherheit der Bevölkerung zu gewährleisten.

Minderungs- und Verbesserungsmassnahmen dienen der Reduktion der Ursachen der Klimaerwärmung. Dazu zählen das Durchsetzen der Verminderung von Emissionen von Treibhausgasen vorab aus Industrie, Gewerbe, Haushalt, Energie und Verkehr.

Die Abwehrmassnahmen bei Ereignissen betreffen insbesondere die Wehrdienste hinsichtlich Vorbereitung und Einsatz zum Schutz und zur Bergung von Menschen und Gütern bei Lawinenniedergang, Erdbeben, Hochwasser und Waldbrand.

Das kantonale Klimakonzept setzt die Verantwortung vor allem auf die zuständigen kantonalen Fachstellen, zieht jedoch auch Stellen und Institutionen des Bundes sowie Private, aber auch die betroffenen Regionen und Gemeinden mit ein.

4.1.4 Massnahmen regional

Aufgrund des kantonalen Klimakonzeptes kommt den Regionen kaum eine Verantwortung für relevante Massnahmen zu. Konkrete Massnahmen auf örtlicher Ebene sind (noch) vorwiegend den Gemeinden übertragen. Im Gegensatz dazu wird die Region in diesem Bericht stark gewichtet. Themen und Probleme, die eine ganze Region oder mehrere Gemeinden betreffen, können nur durch eine übergreifende, koordinierte Strategie angegangen werden. Analog dem regionalen Richtplan⁹⁸, den es auch für das Unterengadin gibt, könnte auch ein regionales Massnahmenpaket zum Klimaschutz entwickelt werden, das in Abstimmung mit den kantonalen Vorgaben für alle betroffenen Gemeinden der Region Gültigkeit hat. Einen Beitrag dazu vermittelt die anschliessende „Übersicht über Massnahmen zum Schutz des Klimas für das Unterengadin“, die im wesentlichen aus Erkenntnissen der Feldarbeit dieser Maturaarbeit entstanden ist.

Nach der Hochwasserkatastrophe von Susch, Klosters, und Pfunds wurde im Unterengadin ein *regionaler Krisenstab*⁹⁹ gegründet. Dieser wird vor allem in Fällen wie Hochwasser, Lawinenniedergängen, Hangrutschen, starken Schneefällen und Sperrungen von Strassen wegen solchen Vorkommnissen aktiv.

4.1.5 Massnahmen lokal

Die konkrete Realisierung von Massnahmen erfolgt in aller Regel mit Zustimmung oder im Auftrag der Gemeinden. Auch zu Privaten, zum einzelnen Bürger, die zum Handeln aufgefordert sind, besteht seitens der Gemeinden der engste Kontakt der Behörden. Die Gemeinden sind auch die wichtigsten Akteure im Verbund einer Region. Im Unterengadin sind die Gemeinden in der Pro Engiadina Bassa (PEB) vertreten.

Somit tragen die Gemeinden die Verantwortung über die Massnahmen zum Klimawandel, für den Schutz der Bevölkerung und deren Verhalten und Handeln. Beispielhaft stehen dafür Schutzvorkehrungen wie Lawinerverbauungen und Schutzwaldpflege, Schutzbauwerke an Strassen und Wegen, aber auch Massnahmen bei Feuerungen sowie der Förderung von Zusammenarbeiten und Auszeichnungen.

4.2 Massnahmen zum Schutz des Klimas für das Unterengadin

Das nachstehende Massnahmenpaket ist gegliedert in Handlungsfelder, Zielgruppen, Massnahmen und Verantwortlichkeiten. Die Handlungsfelder (Bildung, Öffentlichkeitsarbeit, spezifische Massnahmen für Fachgruppen) enthalten vielfältige Massnahmen, die an verschiedene Zielgruppen wie Schulen, Haushalte, Gewerbe, Automobilisten, Touristen, Meteorologen, Schneefachleute, Touristiker, Bergbahnen, Wildbiologen, Geobotaniker, Forstfachleute, Landwirte, Raumplaner, Versicherungen gerichtet sind. Dafür sind verschiedene Stellen verantwortlich, wobei auf Stufe der Region die Pro Engiadina Bassa (PEB) eine bedeutende Funktion einnimmt.

Massnahmenpaket für das Unterengadin			
Handlungsfelder	Zielgruppen	Massnahmen	Verantwortung
Bildung Wissensvermittlung Aus- und Weiterbildung	Schulen Berufsbildung	Wissen über Ursachen und Zusammenhänge des globalen Klimawandels und dessen Folgen Spezifische Information für Fachgruppen	Schulämter, Lehrerschaft Berufsverbände
Öffentlichkeitsarbeit Information der Bevölkerung	Haushalte Automobilisten Touristen Gewerbe (allgemein)	Allgemeine Information zu Klimawandel und Folgen Vermitteln von Verhaltensweisen (Energiesparen, Schadstoffverminderung)	PEB, Behörden, Verbände
Spezifische Massnahmen für Fachgruppen	Schneefachleute und Meteorologen	Gletscherbeobachtungen Permafrostmessungen Wetterbeobachtungen Messungen von Meteodaten (Temperatur-, Niederschlags-, Windmessungen) Messungen von Luftschadstoffemissionen (Treibhausgase und Vorläufersubstanzen) Lawinenwarnung, Ereigniswarnung	SLF, ANU, MeteoSchweiz
	Touristiker und Bergbahnen	Information über Veränderung der Gefahren- und Schneeverhältnisse Pistenbeschneigung/Gletscherabdeckung Touristische Alternativangebote	SLF, WSL Bergbahnen PEB, Tourismus
	Wildbiologen Geobotaniker	Beobachtung der wildlebenden Pflanzen und Tiere hinsichtlich Bestandes- und Verhaltensänderungen	SNP, AJF, Vogelwarte
	Forstleute	Nachhaltige Schutzwaldpflege Gezielte Lawinenverbauungen Naturgerechte Massnahmen (Schutzwerke) in Wald und an Gewässern zum Schutz vor Murgängen, Hochwasser Waldzustandsbeobachtungen (Waldgrenze, Waldsterben)	Forstdienste, AfW,
	Landwirte	Zeitgerechtes Ausbringen von Hofdüngern während der Vegetationsperiode Dauerbepflanzung der Ackerflächen Bewirtschaftung und Pflege von Wiesen und Weiden an Hanglagen Unterhalt der Ackerterrassen Bewässerungsanlagen und -einsätze	Landwirtschaftsamt und Beratungsdienst Gemeinden
	Wehrdienste	Vorbereitung und Bereitschaft für auftretende Naturereignisse hinsichtlich Güter- und Bevölkerungsschutz bei Lawinenniedergängen, Hochwasser, Waldbrände	Feuerwehr, Zivilschutz, Regionaler Krisenstab
	Raumplanung	Ausscheidung von Gefahren(schutz)zonen Klimaschutz im Regionalen Richtplan	Gemeinden, PEB, ARE
	Versicherung	Versicherungsschutz für Geschädigte Versicherung für Einsatzkostendeckung der Gemeinden	GVA
	Schadenminderung	Spenden- und Solidaritätsaktionen in Katastrophenfällen	Bund, Kanton, Private

5. Anmerkungen

5.1 Anmerkungen zu Theoretische Grundlagen (Kap. 2.)

- ¹ S. 7: Encarta Enzyklopädie 2003.
- ² S. 7: Encarta Enzyklopädie 2003.
- ³ S. 7: Wild, ETH-Z, 1999.
- ⁴ S. 7: BUWAL: Bericht der Schweiz zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, 1994. S. 13 - 15.
- ⁵ S. 7: BUWAL: Klima in Gefahr, 1997. S. 19.
- ⁶ S. 8: BUWAL: Die Globale Erwärmung und die Schweiz, 1994. S.23.
- ⁷ S. 8: Encarta Enzyklopädie 2003
- ⁸ S. 8: BUWAL: Die Globale Erwärmung und die Schweiz, 1994. S.21.
- ⁹ S. 8: BUWAL: Klima in Gefahr, 1997. S. 14.
- ¹⁰ S. 8: BUWAL: Die Globale Erwärmung und die Schweiz, 1994. S. 22, gemäss IPCC.
- ¹¹ S. 9: BUWAL: Klima in Gefahr, 1997. S. 18.
- ¹² S. 9: Pfister, Universität Bern, in: Natur und Mensch: Klimaextreme 2003, Nummer 6, 2003. S. 21.
- ¹³ S. 10: BUWAL: Die Globale Erwärmung und die Schweiz, 1994. S.42.
- ¹⁴ S. 10: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S. 8.
- ¹⁵ S. 10: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S. 8, gemäss SLF.
- ¹⁶ S. 10: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S. 8, gemäss SLF, ETH 2002.
- ¹⁷ S. 10: BUWAL: Das Klima in Menschenhand, 2002. S. 8.
- ¹⁸ S. 10: CIPRA: Das Klima ändert die Alpen Nr. 61, 2001. S. 6.
- ¹⁹ S. 10: NFP 31: Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Gletscher und deren Vorfelder, 1998.
- ²⁰ S. 11: CIPRA: Das Klima ändert die Alpen Nr. 61, 2001. S. 4.
- ²¹ S. 11: BUWAL: Das Klima in Menschenhand, 2002. S. 8.
- ²² S. 11: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S. 21.
- ²³ S. 11: PERMOS – Permafrost Monitoring Switzerland: Permafrost der Schweizer Alpen 2002/ 03 und 2003/ 04. in: Die Alpen 10/2005. S. 24 - 31.
- ²⁴ S. 11: Umwelt Bundes Amt: Alpenkonvention: Die Veränderungen des Lebensraums Alpen Dokumentieren, 2004. Anhang II, S. 181
- ²⁵ S. 11: PLANAT: Strategie Naturgefahren in der Schweiz. Synthesebericht, 2004. S. 9.
- ²⁶ S. 11: BUWAL: Das Klima in Menschenhand, 2002. S. 4 - 5.
- ²⁷ S. 11: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S. 20.
- ²⁸ S. 11: Elsasser ETH- Z, in: Klimaveränderung im Alpenraum, 2005. S. 14.
- ²⁹ S. 12: AfU: Klimaänderung in Graubünden, 2002. S.19.
- ³⁰ S. 12: Kienast WSL, in: 2. Alpenreport, 2001. S. 116.
- ³¹ S. 12: Hagedorn WSL, in: Natur und Mensch 6/2002. S. 6 - 11.
- ³² S. 12: BUWAL: Die globale Erwärmung und die Schweiz, 1994 S. 44.
- ³³ S. 12: Hagedorn WSL, in: Natur und Mensch 6/2002. S. 6 - 11.
- ³⁴ S. 14: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ³⁵ S. 15: Fb: Lötscher, Sachbearbeiter Luft/ Lärm, ANU.
- ³⁶ S. 15: Fb: Peng, Kulturing., Kreisplaner, ARP.
- ³⁷ S. 16: OcCC (Hrsg.): Extremereignisse und Klimaänderungen. Bern, 2003.
- ³⁸ S. 16: OcCC (Hrsg.): Extremereignisse und Klimaänderungen. Bern, 2003 S. 7.
- ³⁹ S. 16: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁴⁰ S. 16: Fb: Spöttl, Kaufm. Ang., Bergbahnen Samnaun; Peng, ARP; Ottmer, SLF.
- ⁴¹ S. 17: Fb: Peng, Kulturing./ Kreisplaner, ARP; Graf, Biologe, Vogelwarte Sempach; German, Direktor, HIF.
- ⁴² S. 17: Fb: Merz, Geologe; Peng, ARP; Rauch, PEB.
- ⁴³ S. 17: Fb: Gredig, Geograph.
- ⁴⁴ S. 17: Fb: Bischoff, Forstingenieur.
- ⁴⁵ S. 17: Fb: Ottmer, Leiterin Öffentlichkeitsarbeit, SLF.
- ⁴⁶ S. 18: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁴⁷ S. 18: www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/klima/politik_ch/co2gesetz/funktionsweise/index.html.
- ⁴⁸ S. 18: Fb: Marty, Klimatologe, SLF; Wohler, Tourismus experte/ Direktor, Scuol Tourismus.
- ⁴⁹ S. 18: Fb: Peng, Kulturing./ Kreisplaner, ARE.
- ⁵⁰ S. 18: www.planat.ch.
- ⁵¹ S. 18: Fb: Ottmer, Leiterin Öffentlichkeits Arbeit, SLF.
- ⁵² S. 20: Fb: Wohler, Klimaexperte/ Direktor, Scuol Tourismus.
- ⁵³ S. 20: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁵⁴ S. 20: www.ecospeed.ch/privat/index.html.
- ⁵⁵ S. 20: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁵⁶ S. 20: Fb: Rauch, Geschäftsführer, PEB.
- ⁵⁷ S. 21: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁵⁸ S. 21: Fb: Peng, Kulturing./ Kreisplaner, ARE.
- ⁵⁹ S. 21: Fb: Bader, Klimatologe, MeteoSchweiz; Merz, Geologe.
- ⁶⁰ S. 22: Fb: Spöttl, kaufm. Angestellte, Bergbahnen Samnaun.
- ⁶¹ S. 22: Fb: Filliger, wiss. Mitarbeiter, BAFU.
- ⁶² S. 22: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) (Hrsg.) Stephan Bader; Heinz Bantle: Veröffentlichung. Nr. 68. Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864- 2001. Zürich, 2004.
- ⁶³ S. 23: Fb: Neu, wiss. Mitarbeiter/ Geograph, ProClim.
- ⁶⁴ S. 23: Fb: Ottmer, Leiterin Öffentlichkeitsarbeit, SLF.
- ⁶⁵ S. 23: Fb: Neu, wiss. Mitarbeiter/ Geograph, ProClim.
- ⁶⁶ S. 23: Fb: Von der Mühl, Naturwissenschaftler, Uni Basel; Ottmer, Leiterin Öffentlichkeitsarbeit, SLF; Gredig, Geograph.
- ⁶⁷ S. 23: Fb: Germann, Geologe/ Direktor, HIF.
- ⁶⁸ S. 23: Fb: Rauch, Geschäftsführer, PEB.
- ⁶⁹ S. 23: Fb: Gredig, Geograph.
- ⁷⁰ S. 23: Fb: Lötscher, Sachbearbeiter Luft Lärm, ANU.
- ⁷¹ S. 23: Fb: Ottmer, Leiterin Öffentlichkeits, SLF.
- ⁷² S. 23: Fb: Lötscher, Sachbearbeiter Luft Lärm, ANU.
- ⁷³ S. 24: Fb: Elsasser, Prof. Tourismus, Gg. Inst. Univ. Zürich.
- ⁷⁴ S. 24: Fb: Wohler, Tourismusexperte/ Direktor, Scuol Tourismus.
- ⁷⁵ S. 24: Fb: Spöttl, kauf. Angestellte, Bergbahnen Samnaun; Rauch, Geschäftsführer, PEB.
- ⁷⁶ S. 24: Fb: Wohler, Tourismusexperte/ Direktor, Scuol Tourismus.
- ⁷⁷ S. 24: Fb: Spöttl, kauf. Angestellte, Bergbahnen Samnaun; Rauch, Geschäftsführer, PEB.
- ⁷⁸ S. 24: Fb: Spöttl, kauf. Angestellte, Bergbahnen Samnaun; Rauch, Geschäftsführer, PEB.
- ⁷⁹ S. 24: Fb: Wohler, Tourismusexperte/ Direktor, Scuol Tourismus.
- ⁸⁰ S. 25: Fb: Feuerstein, Forsting., Amt für Wald.
- ⁸¹ S. 25: Fb: Graf, Biologe, Vogelwarte Sempach.
- ⁸² S. 25: Fb: Müller, Biologe, Vogelwarte Sempach.
- ⁸³ S. 26: Fb: Filli, Leiter Bereich Forschung, SNP; Feuerstein, Forsting., Amt für Wald.
- ⁸⁴ S. 26: Fb: Hartmann, Biologe, ANU.
- ⁸⁵ S. 26: Grabherr, in: Alpenreport 2: Klimawandel verändert die Gipfflora. Bern, 2001. S. 110- 113.
- ⁸⁶ S. 27: Jon Mathieu: Bauern und Bären. Eine Geschichte des Unterengadins von 1650- 1800. Chur, 1987.
- ⁸⁷ S. 27: Fb: Bischoff, Forsting.
- ⁸⁸ S. 27: Hans Leibundgut: Unsere Gebirgswälder. Bern, 1986 S. 9.
- ⁸⁹ S. 27: Fb: Bischoff, Forsting.
- ⁹⁰ S. 27: Fb: Feuerstein, Forsting., Amt für Wald.
- ⁹¹ S. 28: Fb: Jenny, Agraringenieur.

5.3 Anmerkungen zu Strategien und Massnahmen (Kap. 4.)

- ⁹² S. 30: BUWAL: Die Globale Erwärmung und die Schweiz, Bern 1994.
- ⁹³ S. 30: CIPRA: 1. Alpenreport, Schaan / Bern, 1998.
- ⁹⁴ S. 30: BAFU: Kyoto-Protokoll, 1997.
- ⁹⁵ S. 30: Bundesgesetz zur Reduktion der CO₂-Emissionen, 1999.
- ⁹⁶ S. 30: Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Bern, 2006.
- ⁹⁷ S. 30: AfU: Klimaänderung in Graubünden, Chur, 2002.
- ⁹⁸ S. 31: PEB: Plan directiv regional, Scuol, 1996.
- ⁹⁹ S. 31: PEB: Regionaler Krisenstab, Scuol, 2005.

I. Fragebogen (Vorlage)

Der Klimawandel im Urteil der Experten

I. Anschrift der Experten

Name:
 Vorname:
 Titel:
 Beruf / Funktion:
 Institution:
 Adresse:
 Telefon / E-mail:

II. Allgemeine Fragen (Fragen an alle)

1. Haben Sie Beobachtungen von Klimaänderungen im Unterengadin gemacht?
 – Welche?

2. Welche Klimafaktoren (gem. Auflistung) sind aus Ihrer Sicht in den letzten Jahren besonders stark in Erscheinung getreten?
 – Bitte ankreuzen.
 - Schneehöhe nach Höhenlage
 - Gletscherrückgang hinsichtlich Mächtigkeit und Ausdehnung
 - Auftauung des Permafrosts
 - Lawinen
 - Murenabgänge
 - Überschwemmungen
 - Windstürme
 - Waldbrände
 - Niederschläge (Starkniederschläge, Trockenperioden)
 - Temperaturen (Hitzehöchstwerte, Kältetiefstwerte, Hitzetage, Kältetage)
 - Veränderungen der Verhaltensweisen bei Tieren (z.B. Zugvögel, Hochwild)
 - Veränderungen bei Pflanzen (Gebirgsflora, Waldbestand)
 - Andere:
3. Haben aus Ihrer Sicht die Naturgefahren in den letzten Jahren zugenommen?
 Können Sie über Schadensereignisse berichten (über welche)?
 Mussten vorsorgliche oder nachträgliche Massnahmen getroffen werden?

4. Gibt es Fallbeispiele von besonders gravierenden Schadensereignissen, die mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht werden können? – Welche? Wann? Wo?
 Können diese zur Illustration dokumentiert werden (Medienberichte, Fotos)

5. Haben Sie im Unterengadin in den letzten Jahren Wetterextreme beobachtet, die Folgen auf Kulturen, Wald, Natur, etc. aufweisen?
 Wann? Wo? Welche?

6. Können aus Ihrer Sicht Massnahmen getroffen werden? - Welche? Bitte ankreuzen.
 - allgemeine Massnahmen
 - spezifische Massnahmen
 - vorsorgliche Massnahmen
 - nachträgliche Massnahmen
 - Massnahmen der Behörden
 - Massnahmen der Bevölkerung
 - Massnahmen im Bildungsbereich
 - Verhaltensweise
 - rechtliche Massnahmen (Gebote, Verbote)
 - technische Massnahmen

7. Welche konkreten Massnahmen sind aus Ihrer Sicht wirksam und sollten getroffen werden? – Bitte ankreuzen.

- Ausscheidung von Gefahrenzonen in der Raumplanung
- Lawinenverbauungen und Schutzwaldpflege
- Schutzbauwerke an Verkehrswegen (Strassen und Bahnen)
- Hochwasserschutz an Gewässern
- Künstliche Pistenbeschneigung
- Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung durch Information und Öffentlichkeitsarbeit
- Wissensvermittlung in den Schulen
- Information der Haushalte betr. Energieverbrauch und Schadstoffausstoss
- Information der Automobilisten betr. Treibstoffverbrauch und Schadstoffausstoss
- Information der Touristen hinsichtlich Benützung öffentlicher Verkehrsmittel
- Information der Landwirte bezüglich Güllelagerung und -ausbringung
- Information der Gewerbebetriebe betr. Energieverbrauch und Schadstoffausstoss
- Information der Forstleute bezüglich Massnahmen zum Klimaschutz
- Information der Wehrdienste betr. Naturgefahren
- Andere:

8. Gibt es aus Ihrer Sicht wichtige Fragen, die hier nicht gestellt worden sind, die Sie beantworten möchten? – welche?

9. Welche der nachstehenden Einschätzung trifft aus Ihrer Sicht am besten zu?
 Bitte ankreuzen.

- Es müssen wirksame Massnahmen getroffen werden, um die Treibhausgase zu vermindern; nur so kann der globalen Klimaänderung entgegengewirkt werden.
- Die Klimaänderung findet statt, dagegen kann realistischer weise nichts unternommen werden. Wir müssen lernen, uns damit abzufinden und uns auf ein Leben unter veränderten klimatischen Bedingungen einstellen.
- Die Klimaänderung wird als Thema übertrieben hochgespielt; es hat schon immer Klimaschwankungen und Wetterextreme gegeben. Diese können in Zukunft weiter zunehmen oder auch wieder abnehmen, ohne dass Massnahmen getroffen werden.
- Die Klimaänderung wird (noch) viel zu wenig ernst genommen und es wird heute noch viel zu wenig gegen die bekannten Ursachen unternommen. Ausbaden muss es die Zukunft.
- Haben Sie eine eigene, andere oder differenziertere Einschätzung, die Sie hier bitte formulieren wollen.

III. Spezifische Fragen an Meteorologen und Schneefachleute

1. Hat die Klimaänderung im Unterengadin Einfluss auf Schneehöhenveränderungen, Naturgefahren, Wetterextreme sowie Temperaturschwankungen? – Wieso?

2. Sind in vergangener Zeit im Unterengadin Auswirkungen des Klimawandels auf die Meteorologie ersichtlich geworden? Welche, Wann, Wo?

3. Ist bei stetiger Klimaerwärmung mit einer zunehmenden Intensivierung von Wetterextremen im Unterengadin zu rechnen? Sind diese absehbar und auf was muss man sich gefasst machen?

4. Liegt aus meteorologischer Sicht eine Gefährdung für die Umwelt vor? Welche? Weshalb? Ist sie absehbar, berechenbar und abwendbar?

IV. Spezifische Fragen an Touristiker und Bergbahnen

1. Sind anhand des Touristensverhaltens Rückschlüsse auf eine Klimaänderung ersichtlich? – Welche? Wie? Weshalb?
.....
2. Hat der Klimawandel eine Umorientierung des Tourismussektors (Sommer- und Wintertourismus) im Unterengadin zur Folge? Welche? Weshalb?
.....
3. Welche Möglichkeiten ziehen Sie in Betracht, um für das Unterengadin eine touristisch interessante Einnahmequelle langfristig zu sichern? – Welche? Weshalb?
.....
4. Sehen Sie den Unterengadiner Tourismus wegen dem Klimawandel als gefährdet? – Welche Massnahmen werden dagegen unternommen?
.....

V. Spezifische Fragen an Wildbiologen

1. Können anhand des Verhaltens von Wildtieren Rückschlüsse auf Klimaänderungen gezogen werden? Welche Beispiele gibt es dafür?
.....
2. Haben sich infolge der Klimaänderung die natürlichen Lebensräume für wilde Tiere verändert? – Gibt es dafür Beispiele im Unterengadin für bestimmte Lebensräume und Tierarten? – Welche?
.....
3. Hat die Klimaänderung eher nachteiligen oder günstigen Einfluss auf die alpine Tierwelt im Unterengadin?
 - Wurden bereits Beobachtungen gemacht, die auf einen allfälligen Trend infolge des Klimawandels hinweisen? – Welche?
 - Gibt es Unterschiede bei verschiedenen Tierarten? – Welche?
 - Welche Beobachtungen konnten im Schweizerischen Nationalpark gemacht werden? – Gibt es entsprechende Untersuchungen zu diesem Thema?
 - Welche Beobachtungen konnten durch die Vogelwarte Sempach gemacht werden? – Gibt es dazu entsprechende Untersuchungen?.....
4. Gibt es Massnahmen oder Handlungsempfehlungen aus Sicht von Wildbiologen, die im Zusammenhang mit der Klimaänderung beachtet werden sollten?
 - hinsichtlich der Lebensräume der wildlebenden Tiere?
 - hinsichtlich Verhalten von bestimmten Tierarten?
 - hinsichtlich Ausbreitung oder Rückgang von gefährdeten Tierarten?.....

VI. Spezifische Fragen an Geobotaniker

1. Können anhand von Pflanzen Rückschlüsse auf klimatische Veränderungen gezogen werden (z.B. Zeigerpflanzen)?
.....
2. Wurden im Unterengadin Veränderungen bei Pflanzengesellschaften (Vorkommen, Rückgang bestimmter Pflanzenarten) festgestellt, die Aufschluss über den Klimawandel geben können? – Welche? Gibt es dafür Beispiele, die sich zur Dokumentierung eignen?
.....
3. Welchen Einfluss hat der Klimawandel auf die Artenvielfalt (Biodiversität) im Unterengadin?
 - Wurden diesbezüglich schon Beobachtungen oder Untersuchungen gemacht?
 - Hat der Klimawandel einen eher nachteiligen oder günstigen Einfluss auf Pflanzen oder wirkt sich dieser auf einzelne Arten unterschiedlich aus?
 - Welche Arten sind begünstigt, welche benachteiligt? Können dafür Beispiele genannt werden?.....

VII. Spezifische Fragen an Forstfachleute

1. Sind in Wäldern des Unterengadins Veränderungen festgestellt worden, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen könnten? – Welche?
.....
2. Hat der Klimawandel Auswirkungen auf den Schutzwald, auf die Waldwirtschaft und die Waldpflege?
.....
3. Werden seitens der Forstwirtschaft Aufgaben getätigt, die in Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen (z.B. Aufforstungen, Schutzverbauungen, etc.)?
.....
4. Welche Massnahmen sollten aus Sicht des Forstes getroffen werden, um den Folgen der Klimaänderung entgegenzuwirken?
.....

VIII. Spezifische Fragen an Agrarfachleute

1. Sind in der Landwirtschaft des Unterengadins Veränderungen festgestellt worden, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen könnten? – Welche?
.....
2. Hat der Klimawandel Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen, auf Wiesen, Weiden und Felder?
.....
3. Hat die Landwirtschaft Auswirkungen auf die Klimaänderung? – Welche?
.....
4. Welche Massnahmen sollten aus Sicht der Landwirtschaft getroffen werden, um den Folgen der Klimaänderung entgegenzuwirken?
.....

II. Bibliografie

- Alpenkonvention (Hrsg.): Alpenkonvention konkret. Ziele und Umsetzung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, 2004.
- Alpenkonvention (Hrsg.): Die Veränderung des Lebensraums Alpen dokumentieren. Indikatorensystem und Konzept für einen Alpenzustandsbericht. Abschlussbericht der Arbeitsgruppe „Umweltziele und Indikatoren“ der Alpenkonvention. Umwelt Bundesamt, Berlin, 2004.
- Baumgartner, P.; Fehr, R.; Lötscher, Hp.: Klimaänderung in Graubünden. Amt für Umwelt Graubünden (AfU). Chur, 2002.
- Baumgartner, P.: Klimaänderung in den Alpen. Folgen für Mensch, Umwelt und Wirtschaft. Beispiel Graubünden. Amt für Umwelt Graubünden (AfU). Chur, 2005. Powerpoint-präsentation.
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) (Hrsg.): Klima-Aspekte Schweiz. Zusammenstellung InfoCLIMA, MeteoSchweiz. MeteoSchweiz, Zürich, 2003.
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz) Stephan Bader; Heinz Bantle (Hrsg.): Veröffentlichung. Nr. 68. Das Schweizer Klima im Trend. Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864- 2001. MeteoSchweiz, Zürich, 2004.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen. Bericht der Schweiz 1994. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 1994.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), (Hrsg.): Die globale Erwärmung und die Schweiz: Grundlagen einer nationalen Strategie. Bericht der Interdepartementalen Arbeitsgruppe über die Änderungen des Klimasystems. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 1994.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), (Hrsg.): Klima in Gefahr. Fakten und Perspektiven zum Treibhauseffekt. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 1997.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)(Hrsg.): Lokale Agenda 21 – für eine Nachhaltige Entwicklung der Schweiz. Vom globalen Konzept zum lokalen Handeln. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 1999.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)(Hrsg.): Leben mit dem Lawinenrisiko. Die Lehren aus dem Lawinenwinter 1999. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 1999.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.): Das Klima in Menschenhand – neue Fakten und Perspektiven. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 2002.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hrsg.): Umwelt. Klimawandel. 2/ 2003. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern, 2003.
- Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Landestopografie (Hrsg.). Hydrologischer Atlas. Bundesamt für Landestopografie Wabern. Wabern, 1995.
- Climate Alliance e.v. (Hrsg.): 1127 Steps Forward. Status Report 2003 Climate Alliance of European Cities. European Secretariat, Frankfurt a.M., 2003.
- Elsasser, Hans: Klimawandel und (Gletscher-)Tourismus. In: Bedrohte Alpengletscher. Fachbeiträge des Oesterreichischen Alpenvereins, Serie: Alpine Raumordnung Nr. 27. Innsbruck 2005.
- European Communities (Edit.): Environment 2010: Our future, our choice. The sixth EU environment action programme 2001- 2010. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2001.
- Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt (Hrsg.): Ein Brennpunkt Klimawandel. Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg, 2002.
- Hagedorn, Frank (Koordinator Kohlenstoff- Forschung, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)): Kann der Schweizer Wald als CO₂-Senke dienen?. In: Natur und Mensch, Nummer 6/2002, Schaffhausen, 2002.
- Hess, Reinhardt: Wetterbeobachtung durch das Jahr. Grundwissen, Projekte für jeden Monat, Wetterregeln, viele praktische Tipps. Sonderausgabe Orbis Verlag für Publizistik GmbH, München, 1996.
- Internationale Alpenschutzkommission (CIPRA) Hrsg.): 1. Alpenreport. Daten, Fakten, Probleme, Lösungsansätze. Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 1998.
- Internationale Alpenschutzkommission (CIPRA) Hrsg.): 2. Alpenreport. Daten, Fakten, Probleme, Lösungsansätze. Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 2001.
- Internationale Alpenschutzkommission (CIPRA) (Hrsg.): Das Klima ändert die Alpen (Diverse Artikel). In: CIPRA – info, Nr. 61 2001, Schaan, 2001. S. 4- 8.
- Interreg III B. Konferenz Rosenheim November 2004. Klimaveränderung im Alpenraum. Konsequenzen für Mensch und Umwelt. München, 2005.
- Klimabündnis e.V. (Hrsg.): Klimaschutz durch Verkehrsvermeidung. Handlungsansätze auf kommunaler und regionaler Ebene. Klimabündnis Texte 2, Frankfurt a.M., 1994.
- Maisch, M. et al: Auswirkung der Klimaänderung auf die Gletscher und deren Vorfelder. Schlussbericht NFP 31. vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 1998.
- MeteoSchweiz (Gesamtleitung durch Dr. Walter Kirchhofer), Geographisches Institut der Universität Bern, Institut für Klimaforschung der ETH, Bundesamt für Landestopografie (Hrsg.). Klimaatlas. Bundesamt für Landestopografie Wabern. Wabern, 2001.
- Müller, Hansruedi; Egger, Mark: Achtung Steinschlag! Wechselwirkungen zwischen Wald und Tourismus – Strategien zu einer waldverträglichen Tourismuspolitik. Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus (FIF) der Universität Bern, Bern, 1991.
- Neu, Urs (ProClim-Forum for Climate and Global Change, Swiss Academy of Sciences): Der Hitzesommer 2003 – Ein Gruss aus der Zukunft?. In: Natur und Mensch, Nummer 6/ 2003, Schaffhausen, 2003. S. 20- 23.
- OcCC – Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (Hrsg.): Extremereignisse und Klimaänderung. OcCC, Bern, 2003.
- Programmleitung des Nationalen Forschungsprogrammes „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“. Stephan Bader, SMA-Meteo Schweiz, Zürich; Pierre Kunz, Département de Minéralogie de l' Université de Genève. (Hrsg.): Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz. Hochsch.- Verlag an der ETH, Zürich, 1998.
- Schweizerischer Alpen- Club (SAC) (Hrsg.). Die Alpen. Bern, div. Jahrgänge.
- Von der Mühl, Daniel, Nötzli, Jeannette Knut Makowski, Knut and Delaloye, Reynald (Hrsg.). Permafrost in Switzerland. 2000/2001 and 2001/2002. Glaciological Report (Permafrost) No. 2/3. Institute of Geography, University of Zurich-Irchel. Zurich, 2004.

III. Adressen

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Postadresse: Postfach 3003 Bern

Standort: Papiermühlestrasse 172, 3063 Ittigen

URL: www.umwelt-schweiz.ch

Tel.: 031 322 93 11

Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

URL: www.wsl.ch

Tel.: 044 739 21 11

Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF)

Flüelstr. 11, 7260 Davos Dorf

URL: www.slf.ch

Tel.: 081 417 01 11

Schweizerische Meteorologische Anstalt (Meteoschweiz)

Postadresse: Postfach 514, 8044 Zürich

Standort: Krähenbühlstr. 58, 8044 Zürich

URL: www.meteoschweiz.ch

Tel.: +41 (0)44 256 91 11

Forum for Climate and Global Change (ProClim)

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz

Interakademische Kommission Alpenforschung

Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern

URL: www.proclim.ch

Tel.: 031 310 40 20

Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)

Gürtelstrasse 89, 7000 Chur

URL: www.umwelt-gr.ch

Tel.: 081 257 29 46

Pro Engiadina Bassa (PEB)

Chasa du Parc, 7550 Scuol

URL: www.peb-crvn.ch

Tel.: 081 864 05 22

IV. Abkürzungen

AfW	Amt für Wald Graubünden
AJF	Amt für Jagd und Fischerei Graubünden
ANU	Amt für Natur und Umwelt Graubünden (alt AfU)
ARE	Amt für Raumentwicklung Graubünden
BAFU	Bundesamt für Umwelt (alt BUWAL)
CH ₄	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
ECO2-Rechner	Online-Rechner zur Berechnung der persönlichen Energie- und CO ₂ -Bilanz: www.ecospeed.ch
ETHZ	Eidg. Technische Hochschule Zürich
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
Fb	Fragebogen für die Expertenbefragung im Rahmen der Feldarbeit
FKW	Fluorierte Kohlenwasserstoffe
GVA	Gebäudeversicherung des Kantons Graubünden
HFCKW	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFK	Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
HIF	Hochalpines Institut Ftan
IPCC	Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe über Klimaänderungen / Intergovernmental Panel on Climate Change
MA	(hier) Maturaarbeit
N	(hier) Niederschlag
NFP	Nationales Forschungsprogramm
NO _x	Stickstoffoxide
N ₂ O	Lachgas / Distickoxid
O ₃	Ozon
OeCC	Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung
PEB	Pro Engiadina Bassa
PLANAT-Strategie	Strategie Naturgefahren Schweiz
ProClim	Schweizerisches Forum für Klima und Global Change der SANW
SANW	Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften
SLF	Schweiz. Lawinenforschungsinstitut Davos
SNF	Schweizer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
SNP	Schweizer Nationalpark
T	(hier) Temperatur
UE	Unterengadin
VOC	Flüchtige Organische Verbindungen
WSL	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Impressum

Autor (Berichtverfassung und Gestaltung)

Marius Jenny, Sent

Auftrag

Maturaarbeit am Hochalpinen Institut (HIF), Ftan
in Zusammenarbeit mit Pro Engiadina Bassa (PEB)
Abgabe im September 2006

Begleitung (Coaching und Co-Referat)

Dr. Paul Grimm, Hochalpinen Institut (HIF), Ftan
Hanspeter Lötscher, Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), Chur
Peder Rauch, Pro Engiadina Bassa (PEB), Scuol

Expertenbefragung (Feldarbeit)

Dr. Stephan Bader, MeteoSchweiz, Zürich
Nicolin Bischoff, Dipl. Forsting., Ramosch
Prof. Dr. Hans Elsasser, Geographisches Institut, Universität Zürich
Gian Cla Feuerstein, Dipl. Forsting, Amt für Wald Graubünden, Zuoz
Flurin Filli, Leiter Bereich Forst, Schweizer Nationalpark (SNP), Zernez
Dr. Paul Filliger, Wiss. Mitarbeiter, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern
Gwer Germann, Direktor, Hochalpinen Institut (HIF), Ftan
Roman Graf, Schweizerische Vogelwarte, Sempach
Bernhard Gredig, Dipl. Geograf, Scuol
Dr. Josef Hartmann, Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), Chur
Reto D. Jenny, Dipl. Ing. Agronom, Raumplaner, Sent
Hanspeter Lötscher, lic.phil.nat., Sachbearbeiter Luft, Lärm, Amt für Umwelt Graubünden (ANU), Chur
Christoph Marty, Klimatologe, Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos
Matthias Merz, Dipl. Geologe, Scuol
Mathis Müller, Schweizerische Vogelwarte, Sempach
Dr. Urs Neu, Geograf, wiss. Mitarbeiter, ProClim, Bern
Birgit Ottmer, Dipl. Umwelt-Naturwiss., Leiterin Öffentlichkeitsarbeit, SLF, Davos
Markus Peng, Dipl. Kulturing., Kreisplaner, Amt für Raumentwicklung Graubünden, Chur
Peder Rauch, Geschäftsführer Pro Engiadina Bassa (PEB), Scuol
Christine Spöttl, Bergbahnen Samnaun
Dr. Daniel Von der Mühl, Naturwiss. Universität Basel
Urs Wohler, Eidg. Tourismus-Experte, Direktor, Scuol-Tourismus, Scuol

Umschlagsbild

Gebirgslandschaft am Zebblasjoch, Samnaun, (Foto: R.D. Jenny, 2001)

