





Klimaänderung in Graubünden





Folgen für Mensch, Umwelt und Wirtschaft
Strategie zu Prävention und Schadenabwehr

Amt für Umwelt Graubünden
Ufficio per l'ambiente dei Grigioni
Uffizi per l'ambient dal Grischun

AfU
UPA

Editorial

Die Forschungsresultate der Klimaforscher und Meteorologen werden im Kanton Graubünden aufmerksam verfolgt und durch eigene Messungen ergänzt. Der Trend deutet mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Klimaerwärmung hin und der Kanton muss sich auf die Konsequenzen einrichten und seine Möglichkeiten zur Reduktion der Klimagase ausschöpfen. Die Massnahmen können nicht von einer einzigen Fachstelle wahrgenommen werden. Vielmehr betrifft die Klimaänderung fast alle Amtsstellen welche eine Funktion in unserer Umwelt und Landschaft wahrnehmen und darüber hinaus Gemeinden, Regionen und viele Private, sowohl Einwohner, wie auch unsere Gäste.
Die Herausforderung ist erkannt worden, Massnahmen sind auf breiter Front eingeleitet und haben sich in den vermehrt eingetretenen Unwetterereignissen der letzten Jahre bereits bewährt. Klimaveränderung erfordert aber eine laufende Lagebeurteilung und dauernde Anstrengungen, die richtigen Schlüsse ziehen und zweckmässige Massnahmen einzuleiten und die erforderlichen Mittel bereitzustellen.

Für diesen Einsatz danke ich allen Beteiligten.

Vorsteher Erziehungs- Kultur- und Umweltdepartement
Regierungsrat C. Lardi

Impressum

Herausgeber	Amt für Umwelt Graubünden, Dr. P.Baumgartner, R.Fehr, Hp.Lötscher		
Gestaltung	Amt für Umwelt Graubünden		
Titelbild	Kunstschneepiste im Oberengadin, Januar 2002		
Druck	Casutt AG, Digital-/Offsetdruck, Chur		
Papier	Zanders Mega weiss, halbmatt (50 % Recyclingfasern)		
Bezugsadresse	Amt für Umwelt Graubünden	Tel.:	081 257 29 46
	Gürtelstrasse 89	Fax:	081 257 21 54
	7001 Chur		
	E-Mail: info@afu.gr.ch		www.afu.gr.ch



Felsberg, November 2002



Felsberg, November 2002

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 4

Trend der Temperaturen seit 1875 7

Trend des Schneeanteils am Niederschlag 8

Zusammenhänge Treibhauseffekt und Witterung 9

Zur Interpretation jüngster Witterungsereignisse 11

Ursachen der Klimaveränderung 15

Die wichtigsten Treibhausgase 16

Reduktion der Treibhausgase 17

Klimageschichte 18

Wirtschaftliche Folgen der Klimaerwärmung 19

Schutz vor Hochwasser und Lawinen 20

Neuste Erkenntnisse 22

Was können wir tun? Klimakonzept Graubünden 23



Panix, November 2002



Lawine, Februar 1999

Wir Menschen beeinflussen mit riesigen Emissionen von Treibhausgasen das Klima auf der Erde.

Die Erde erwärmt sich wesentlich schneller als bisher angenommen. In einem von der UNO im Februar 2001 veröffentlichten Bericht gehen Experten davon aus, dass sich die Erde in diesem Jahrhundert stärker aufheizt als bisher angenommen: 1.4 bis 5.6 Grad. Der Meeresspiegel wird zwischen 9 und 88 cm ansteigen. Der grösste Teil der Erwärmung der letzten 50 Jahre ist dem Menschen zuzuschreiben (Quelle: Intergovernmental Panel on Climat Change, IPCC-Zustandsbericht 2001).

Es besteht kein Zweifel mehr daran, dass der Mensch das Klima der Erde durch die Emission von Treibhausgasen wie CO_2 und Methan beeinflusst. Jeder Bünder emittiert durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen jährlich 8 Tonnen CO_2 und produziert 130 kg Methan. Weltweit gelangen so jährlich 7 Milliarden Tonnen CO_2 in die Atmosphäre - Tendenz steigend. Der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre ist heute denn auch so hoch wie noch nie in den letzten 420'000 Jahren. Die Geschwindigkeit, mit welcher die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre in den letzten 200 Jahren zunahm, steht im Rückblick ohne Vergleich da.
Eine Folge dieser riesigen Emissionen ist eine Verstärkung des Treibhauseffektes und dadurch eine Erhöhung der Temperaturen auf der Erde. Im 20. Jahrhundert verzeichnen wir denn auch einen klaren Erwärmungstrend. Das Jahr 2002 war global gesehen das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen vor rund 150 Jahren. Das auffallendste Element der Klimaentwicklung ist der Rückgang der zu kalten Monate. Sorgen bereitet dabei weniger die Erwärmung an sich, als deren Geschwindigkeit. Bei einer Erwärmung der Atmosphäre kann die Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Als Folge davon ist mit vermehrten Niederschlägen zu rechnen. Die Lufthülle nimmt zudem mehr Energie auf, welche in stärkere Winde umgesetzt werden kann. Es ist mit vermehrten Starkniederschlägen und stärkeren Winden zu rechnen. Weitere Indizien für die globale Erwärmung sind die Abnahme der Eisbedeckung der Arktis und Antarktis, sowie die weltweit beobachtete Permafrostschmelze. Als weitere Folge der globalen Erwärmung wird eine Zunahme der meteorologischen Extremereignisse erwartet. Solche Ereignisse haben gerade auch in den vergangenen Jahren in der Schweiz Verwüstung und Schaden gebracht: Lawinen im Februar 1999, Überschwemmungen im Mai 1999, der verheerende Sturm Lothar im Dezember 1999, die Starkniederschläge im Wallis im Oktober 2000 und die Starkniederschläge im November 2002 im Tessin und Graubünden. Die gegenwärtige Häufung an meteorologischen Extremereignissen kann Zufall sein, doch sprechen die bestehenden Kenntnisse zunehmend dafür, dass die globale Erwärmung eine Rolle spielt.
Das Amt für Umwelt verfolgt die Zusammenhänge der Klimaänderung mit grossem Interesse, aber auch mit Besorgnis. Verschiedene Messreihen und Untersuchungen im Kanton Graubünden deuten darauf hin, dass sich die Klimaerwärmung bereits bemerkbar gemacht hat. Einerseits haben die Temperaturen im 20. Jahrhundert zugenommen, die Gletscher haben sich markant zurückgezogen und im Permafrost werden deutliche Temperaturzunahmen gemessen. Höhere Temperaturen führen zu einem Anstieg der Schneefallgrenze und damit wird im Kanton Graubünden die Existenz verschiedener Skigebiete gefährdet sein. Eine Erwärmung des Permafrostes wird zu instabileren Berghängen und damit zu einer Gefährdung von Siedlungen und Verkehrswegen führen. Wie in anderen Regionen der Alpen wird die beobachtete Erwärmung die Anpassungsfähigkeit der Bewohner Graubündens hart auf die Probe stellen. Denn ein rascher Klimawandel brächte Veränderungen mit sich für die es bisher in unserem besonders stark vom Wintersport abhängigen Kanton keinen Vergleich gibt.

In der vorliegenden Informationsschrift werden Ursachen und Folgen der Klimaerwärmung diskutiert und mit Erkenntnissen aus Graubünden verglichen. Zudem wird auf neuste Untersuchungen und laufende Projekte der Klimaforschung eingegangen. Es wird versucht die aktuellen extremen Wetterereignisse einzuordnen und es werden Möglichkeiten für die Reduktion von Treibhausgasen aufgezeigt. Es wird deutlich gemacht, dass sich Politik, Gesellschaft und Wirtschaft im Kanton Graubünden der neuen Klimasituation und den veränderten Naturgefahren anpassen müssen. Im Klimakonzept Graubünden werden dem Leser aufgezeigt welche kantonalen Fachstellen in welchen Teilbereichen bezüglich Klimaänderung direkt oder indirekt tätig sind.



Weitere Informationen zur Klimapolitik: www.ipcc.ch

Noi esseri umani influenziamo il clima sulla terra con enormi emissioni di gas ad effetto serra.

La terra si surriscalda molto più in fretta di quanto si era creduto fino ad ora. In un rapporto dell'ONU pubblicato nel febbraio 2001 gli esperti partono dal presupposto che in questo secolo la terra si riscalda più in fretta di quanto si era creduto fino ad ora: tra 1,4 e 5,6 gradi. Il livello del mare salirà tra 9 e 88 cm. La maggior parte del riscaldamento degli ultimi 50 anni è da attribuire all'uomo (fonte: Intergovernmental Panel on Climat Change, Rapporto IPCC 2001).

Non c'è più alcun dubbio che l'uomo influisca sul clima della terra con le emissioni di gas ad effetto serra come CO_2 e metano. Ogni Grigionese emette ogni anno con la combustione di combustibili fossili 8 tonnellate di CO_2 e 130 kg di metano. Globalmente finiscono così annualmente nell'atmosfera 7 miliardi di tonnellate di CO_2 e la tendenza è in aumento. Il tasso di CO_2 nell'atmosfera è oggi così alto come non lo è mai stato negli ultimi 420'000 anni. La velocità con la quale è aumentata la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera negli ultimi 200 anni non trova paragoni nel passato.

Una conseguenza di queste enormi emissioni è il rafforzamento dell'effetto serra e con ciò un aumento delle temperature sulla terra. Nel XX secolo registriamo una chiara tendenza al riscaldamento. L'anno 2002 è stato considerato globalmente come l'anno più caldo dall'inizio delle registrazioni circa 150 anni fa. L'elemento più evidente dell'evoluzione climatica in Europa e anche in Svizzera è oltre a ciò una diminuzione - in confronto ai valori medi pluriennali - dei mesi freddi. Preoccupa meno il riscaldamento in sé, quanto la sua velocità. Ulteriori indizi del riscaldamento globale sono la diminuzione dello strato di ghiaccio dell'Artico e dell'Antartico, nonché lo scioglimento osservato a livello planetario del permafrost. Come ulteriore conseguenza del riscaldamento globale ci si aspetta un aumento dei fenomeni meteorologici estremi. Questi fenomeni già negli ultimi anni hanno portato in Svizzera morte e distruzione: valanghe nel febbraio 1999, inondazioni nel maggio 1999, il disastroso uragano Lothar nel dicembre 1999, le forti precipitazioni in Vallese nell'ottobre 2000 e quelle del novembre 2002 in Ticino e nel Cantone dei Grigioni. L'attuale moltiplicarsi dei fenomeni meteorologici estremi può essere casuale, ma le attuali conoscenze portano sempre più a credere che il riscaldamento globale vi contribuisca.

L'Ufficio dell'ambiente segue con grande interesse, ma anche con preoccupazione, le connessioni del cambiamento climatico. Diverse misurazioni e indagini nel Cantone dei Grigioni dimostrano che il riscaldamento climatico si è già fatto notare. Da un lato le temperature sono aumentate nel XX secolo, i ghiacciai si sono notevolmente ritirati e nel permafrost si registrano chiari aumenti delle temperature. Temperature più alte determinano un aumento del limite delle nevicate e ciò minaccia nel Cantone dei Grigioni la sopravvivenza di diverse aree sciistiche. Un riscaldamento del permafrost causerà instabilità sui pendii delle montagne e con ciò una minaccia per insediamenti e vie di comunicazione. Come in altre regioni delle Alpi il riscaldamento osservato metterà a dura prova la capacità di adattamento degli abitanti dei Grigioni, poiché un rapido mutamento climatico porterebbe con sé cambiamenti che non avrebbero paragoni nel nostro Cantone che dipende in modo particolarmente forte dagli sport invernali.

Nel presente scritto informativo vengono discusse cause e conseguenze del riscaldamento climatico e confrontate con i dati registrati nei Grigioni. Inoltre ci si interessa a nuovissime indagini e progetti correnti nella ricerca climatologica. Si cerca di classificare gli attuali fenomeni meteorologici estremi e vengono presentate possibilità per ridurre i gas ad effetto serra. Si chiarisce il fatto che politica, società ed economia nel Cantone dei Grigioni devono adattarsi alla nuova situazione climatica e ai mutati pericoli della natura. Nel concetto climatico dei Grigioni si mostra al lettore quali uffici specializzati cantonali sono attivi in quali sottosettori che riguardano direttamente o indirettamente il cambiamento climatico.



Ulteriori informazioni sulla politica climatica: www.ipcc.ch

Nus umans influenzain cun grondas emissiuns da gas da serra il clima dal mund

La terra sa stgauda bler pli spert che quai ch'ins ha supponì enfin ussa. En in rapport publitgà il favrer 2001 da l'ONU partan experts dal fatg che la terra sa stgauda durant quest tschientaner pli ferm che quai ch'ins ha supponì enfin ussa: per 1.4 enfin 5.6 grads. Il livel da la mar vegn a crescher tranter 9 ed 88 cm. Per la pli gronda part dal stgaudament dals ultims 50 onns è l'uman responsabel. (Funtauna: Intergovernmental Panel on Climat Change, ICPP-Zustandsbericht 2001).

I na dat nagins dubis pli ch'ils umans influenzeschan il clima dal mund entras l'emissiun da gas da serra sco CO_2 e metan. Mintga Grischuna /Grischun emetta cun arder material da brischar fossil annualmain 8 tonnas CO_2 e 130 kg metan. Sin tut il mund van uschia mintg'onn 7 milliardas tonnas CO_2 en l'atmosfera - tendenza creschenta. La concentraziun da CO_2 en l'atmosfera è ozendi uschia auta sco anc mai ils ultims 420'000 onns. La sveltezza, cun la quala la concentraziun da CO_2 en l'atmosfera è creschida ils davos 200 onns, è en in sguard retrospectiv incumparabla.

Ina consequenza da questas grondas emissiuns è l'augment da l'effect da serra, quai che chaschuna in auzament da las temperaturas sin il mund. En il 20avel tschientaner registrain nus er in cler trend da stgaudament. L'onn 2002 è stà ord vista globala il pli chaud onn dapi l'entschatta da las registraziuns avant 150 onns. Il pli marcant element dal svilup climatic en Europa ed er en Svizra è en quest connex ina sminuziun da las temperaturas dals mais fraids - en cumparaziun cun las valurs medias da plirs onns. Quitads fa pli pauc il stgaudament per sasez, mabain la sveltezza, cun la quala che quai capita. Ulteriurs indizis per il stgauldament global èn la sminuziun da la surfatscha da glatsch da l'Artica e da l'Antarctica sco er la marschauna da la schelira permanenta ch'ins po constatar en tut il mund. Sco ulteriura consequenza dal stgaudament global spetgan ins in augment dals eveniments meteorologics extrems. Tals eveniments han purtà en Svizra gist durant ils davos onns mort e devastaziun. Lavinas il favrer 1999, inundaziuns il matg 1999, il stemprà devastant Lothar il december 1999, las grondas precipitaziuns en il Vallais l'october 2000 e las grondas precipitaziuns il november 2002 en il Tessin ed en il Grischun. L'augment actual da cas meteoroligs extrems po esser casualitad, però cumprovan las enconuschientschas existentas pli e pli ch'il stgaudament global gioga ina rolla.

L'uffizi per l'ambient persequitescha cun grond interess - però er cun quità - ils connexs da la midada dal clima. Differentas serias da mesiraziuns e retschertgas en il chantun Grischun mussan ch'il stgaudament dal clima è gia fatg sa remartgar cleramain. D'ina vart èn creschidas las temperaturas durant il 20avel tschientaner, ils glatschers èn vegnids pli pitschens ed en la schelira permanenta vegnan mesiradas temparaturas evidentamain pli autas. Pli autas temperaturas mainan ad in ascensiun dal cunfin da naiv ed uschia vegn en il chantun Grischun ad esser periclitada l'existenza da differents territoris da skis. In stgaudament da la schelira permanenta vegn a manar ad ina instabilitad da las spundas ed uschia ad ina periclitaziun d'abitadis e da vias da traffic. Sco en autras regiuns da las Alps vegn il stgaudament ch'ins ha registrà a metter a l'emprova la capacitad da s'adattar da las abitantas/dals abitants dal Grischun. Ina svelta midada dal clima purtass er grondas midadas incumparablas per noss chantun ch'è fermamain dependent dal sport d'enviern.

En il fegl d'infurmaziun preschent vegnan discutadas las causas e las consequenzas dal stgaudament dal clima e cumparadas cun las enconuschientschas dal Grischun. Ultra da quai vegni entrà en las pli novas retschertgas ed en ils projects currents davart ils studis dal clima. I vegn empruvà da classifitgar ils eveniments extrems actuals da l'aura ed i vegnan mussadas pussaivladads per reducir ils gas da serra. I vegn fatg cler che la politica, la societad e l'economia dal chantun Grischun stoppian s'adattar a la nova situaziun dal clima ed als privels da la natira midads. En il concept da clima dal Grischun vegni mussà a las lecturas/als lecturs tge posts spezialisads dal chantun ch'èn activs en tge secturs parzials che pertutgan la midada dal clima directamain u indirectamain.

Ulteriuras infurmaziuns davart la politica da clima sut www.ipcc.ch

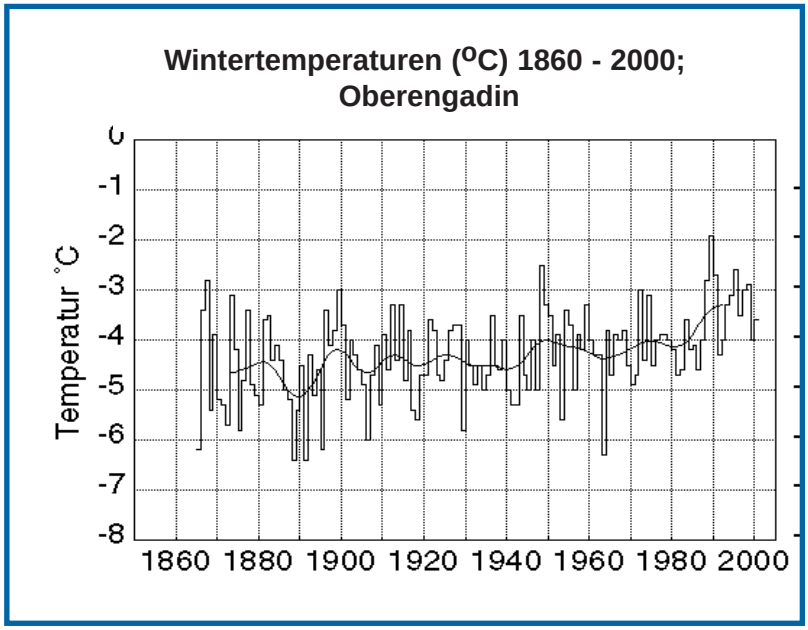


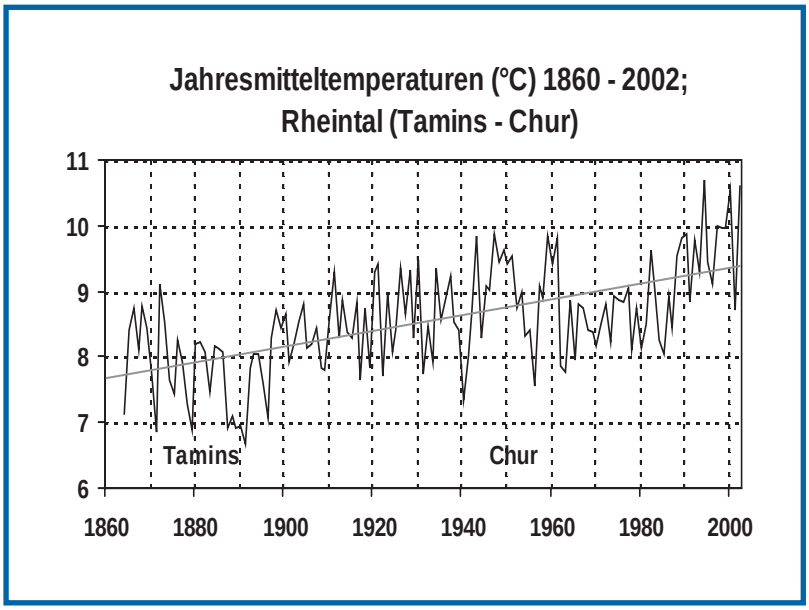
Im Kanton Graubünden ist es deutlich wärmer geworden - besonders im Winter.

Graubünden wie auch das übrige Europa befinden sich zurzeit in einer Erwärmungsphase. Allerdings muss bei dieser Feststellung gleichzeitig angefügt werden, dass vor diesem Temperaturanstieg, welcher anfangs des 20. Jahrhunderts einsetzte, eine extrem kühle Klimasituation geherrscht hat. Sowohl zu Beginn, als auch am Ende des 19. Jahrhunderts lagen die mittleren Temperaturen im Alpenraum nahe der Minimalmarke des bekannten Schwankungsbereiches der letzten 10'000 Jahre (Ende der letzten grossen Eiszeit). Dies ist auf die "Kleine Eiszeit" zurückzuführen, welche während ca. 600 Jahren das Klima in der Schweiz bestimmt und 1895 ihren Abschluss gefunden hat (Bader, Kunz 1998). Die darauf folgende Wiedererwärmung ist also vermutlich zum Teil auf den natürlichen Übergang von einer Kalt- zu einer Warmzeit zurückzuführen. Andererseits ist aber auch der anthropogene (menschliche) Einfluss in einem noch nie dagewesenen Ausmass vorhanden: Der Gehalt an Gasen, welche für den Treibhauseffekt verantwortlich sind, hat in der Atmosphäre seit Beginn der Industrialisierung (um 1850) stark zugenommen. Diese Klimagase verfügen über eine lange Lebensdauer und würden das Klima selbst nach einem sofortigen Emissionsstopp noch über viele Jahrzehnte beeinflussen. Die beobachtete Erwärmung erfolgte nicht gleichmässig, sondern mit Unterbrüchen. Bis ca. 1980 wurde jede Erwärmung durch Jahre mit tiefen Mitteltemperaturen wieder kompensiert. Seit 1980 verzeichnet man höhere Mitteltemperaturen. Weltweit hat die Temperatur in Bodennähe in den letzten 100 Jahren um 0.3°C bis 0.6°C zugenommen. In Graubünden lässt sich die stattfindende Temperaturerhöhung am besten am Beispiel der Gletscher zeigen. So ist die Gletscherfläche in den Bündner Alpen in der Zeit zwischen 1850 und 1973 um 32% bis 50%, das Volumen gar um 38% bis 60% zurückgegangen.

Bei einem prognostizierten Temperaturanstieg von 1.2°C bis zum Jahr 2050 wird mehr als die Hälfte aller Gletscher in der Schweiz verschwunden sein (Bader, Kunz 1998). Dass die Temperaturen auch im Kanton Graubünden ansteigen, verdeutlichen die langjährigen Temperaturmessreihen der Meteoschweiz in Davos, im Oberengadin und im Rheintal. Heute werden deutlich höhere Temperatur-Jahresmittel registriert als noch vor 100 Jahren.

Es ist im Kanton Graubünden wärmer geworden. Die Temperatur Zunahme betrug im Winter im Oberengadin 0.7 Grad°C/100 Jahre, im Rheintal im Mittel rund 1 Grad°C/100 Jahre.





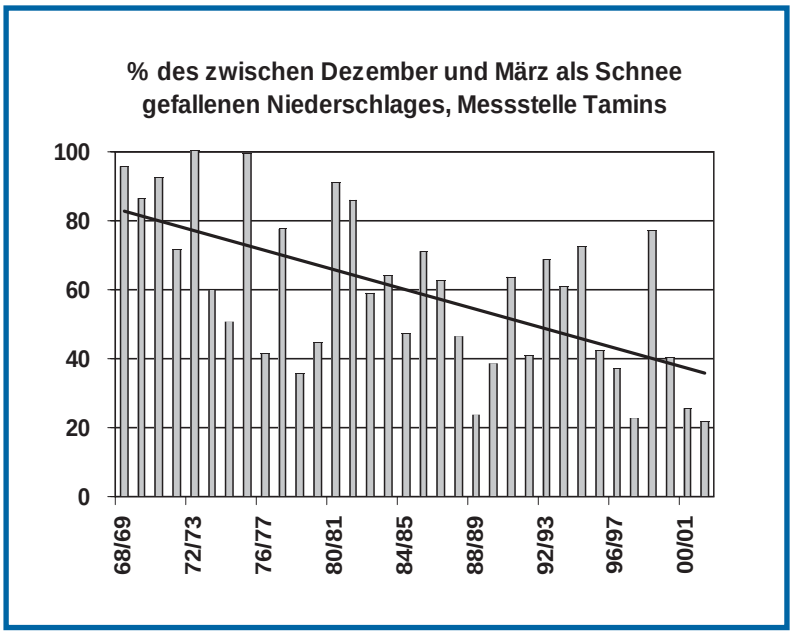
www.meteoschweiz.ch

MeteoSchweiz

Abnahme der Schneehöhen in tieferen Lagen

Die allgemeine Erwärmung führte in den beiden vergangenen Jahrzehnten zu einer deutlichen Abnahme der Schneehöhen in tiefen Lagen. Im Rheintal (Tamins, H.Letsch 2002) wird seit Beginn der 70er Jahre eine markante Abnahme des prozentualen Anteils von Schnee am gefallenen Niederschlag gemessen. Generell haben die Schneehöhen in tiefen Lagen seit 1980 deutlich abgenommen. Unterhalb von 1000 m ü.M. betrugen die Abnahmen der Schneehöhen 25 bis 50%. Die Schneehöhen in höheren Lagen Graubündens (Davos, Bever), welche höher liegen als die im Winter übliche Schneefallgrenze und an denen seit Beginn des 19. Jahrhunderts gemessen werden, zeigen allerdings weder eine statistische Tendenz noch eine Periodizität. Ebenso wurde dort im vergangenen Jahrhundert keine bemerkenswerte Veränderung der extremen Schneefall-Ereignisse festgestellt (SLF, ETH 2002).

Anstieg der Schneefallgrenze:
Die Schneehöhen haben vor allem in den tiefen Lagen seit Beginn der 80er-Lagen deutlich abgenommen. Künftig gelten nur noch Höhenregionen oberhalb 1500 m ü.M. als schneesicher. Im Rheintal fällt im Winter heute nur noch rund 30% des Niederschlags in Form von Schnee. Zu Beginn der 70er Jahre waren es noch 80%. Oberhalb 1900 m ü.M. zeigt sich kein Trend.

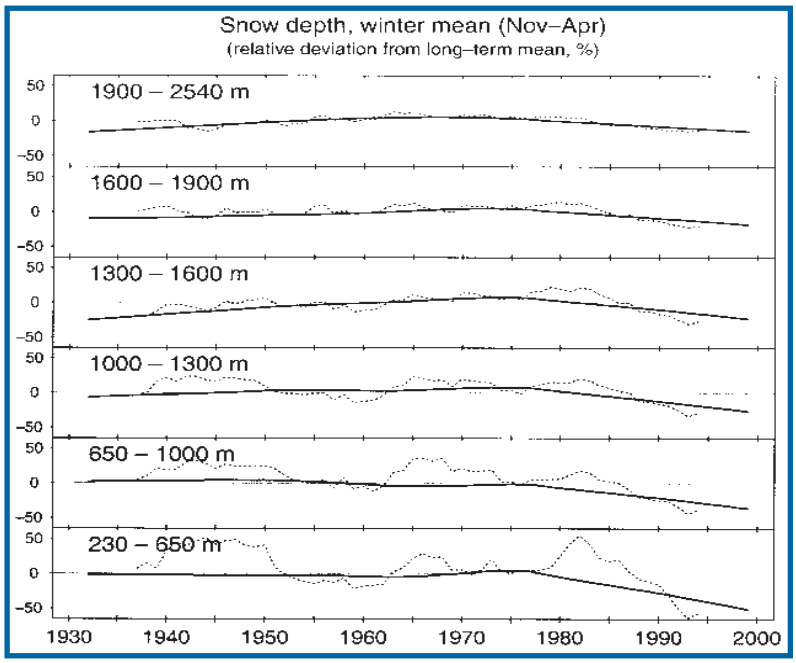


Quelle: H.Letsch, Tamins





Weitere Informationen zum Thema Schnee: www.slf.ch



www.wsl.ch

Extreme Witterungsereignisse werden zunehmen

Die jüngsten Witterungsereignisse in der Form der Starkniederschläge vom November 2002 in Graubünden und im Tessin, der Sturm "Lothar" vom 26. Dezember 1999, die starken Schneefälle vom Februar / März 1999 mögen auf den ersten Blick nicht mit dem Phänomen der Klimaerwärmung in Verbindung gebracht werden. Natürlich sagen solche einzelnen Extremereignisse auch wenig über Klimaänderungen aus. Mit Hilfe der Statistik vorhandener Wetterdaten, welche etwa 100 Jahre zurückreichen, können keine Aussagen darüber gemacht werden, ob 50- oder 100-jährliche Ereignisse häufiger geworden sind. Häufigere Extremereignisse, z.B. solche, die 1 Mal pro Monat auftreten, sind jedoch nachweislich in diesem Jahrhundert häufiger geworden (ProClim, 1998). Aus dem vorhandenen Wissen über die verschiedenen wetterwirksamen Prozesse ist zu schliessen, dass in einem wärmeren Klima die Wahrscheinlichkeit extremer Wetterereignisse zunimmt.

Bei einer globalen Erwärmung der Atmosphäre kann die Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Als Folge davon ist mit vermehrten Niederschlägen zu rechnen. Infolge des Treibhauseffektes nimmt die Lufthülle zudem mehr Energie auf, welche in stärkere Winde umgesetzt werden kann. Über den ganzen Globus betrachtet sind also vermehrte Starkniederschläge und stärkere Winde als logische Folge der globalen Erwärmung zu erwarten. Jedes Einzelereignis ist jedoch die Folge eines kurzfristigen, gleichzeitigen Zusammentreffens mehrerer Faktoren und kann nicht nur der Erwärmung angelastet werden. Die Klimaerwärmung kann aber die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse deutlich erhöhen. Als langfristige sekundäre Folge der Klimaerwärmung werden Permafrostgebiete auftauen, was für die betroffenen Gebiete mit grossen Gefahren verbunden ist.

Neuere Klimasimulationen machen deutlich, dass eine globale Erwärmung unter Umständen Veränderungen der allgemeinen Zugbahnen von Hoch- und Tiefdruckwirbel über Mitteleuropa hervorrufen kann (Glogger, 1998; vgl. S.6).

Als Folge davon können kältere und schneereichere Winter sowohl auf der Alpennord- als auch auf der Alpensüdseite auftreten und es muss insbesondere mit vermehrten Niederschlägen gerechnet werden. Die Gründe für solches auf den ersten Blick unplausibles Verhalten sind in der sogenannten Nordatlantischen Oszillation (NAO) und bei den Meeresströmungen im Atlantik zu suchen. NAO und Meeresströmungen sind voneinander nicht unabhängig und beide beeinflussen das Klima bei uns.

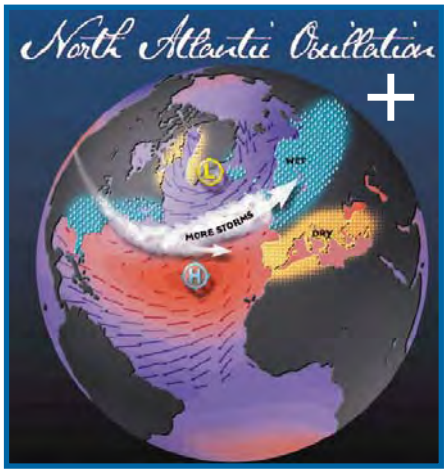


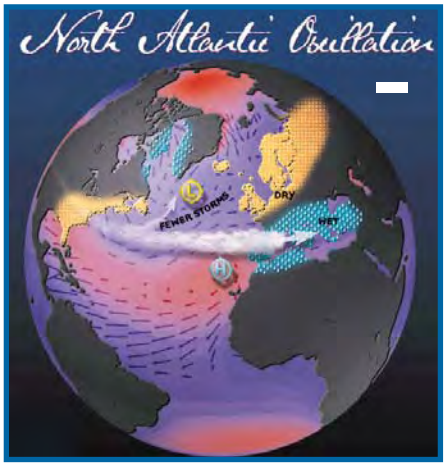
“Sturm Lothar”, Andreas Schwyzer, WSL

Die Nordatlantische Oszillation

Die Zugbahnen der Luftmassen über Mitteleuropa werden stark durch den Luftdruckunterschied zwischen den Azoren (Azorenhoch) und Island (Islandtief) bestimmt. Grosse Druckunterschiede (sogenannte NAO+ Zustände) bewirken kräftige Westwinde, welche die polare Kaltluft von Mitteleuropa fernhalten und auch verhindern, dass sich Tiefdruckgebiete über Mitteleuropa über längere Zeit auswirken können. Geringe Druckdifferenzen (schwaches oder inexistentes Azorenhoch und Islandtief oder gar Umkehr des Druckgradienten, sogenannte NAO- Zustände) erzeugen hingegen keine dominante Westströmung. Lokale Tiefdruckgebiete über Mitteleuropa können sich über längere Zeit auswirken und in einzelnen Gebieten grosse Niederschlagsmengen verursachen. Im Winter können die kalten Polarwirbel von Norden her weiter nach Mitteleuropa vordringen und unter Umständen kälteres Wetter und mehr Schneefall bringen. Die Häufigkeiten der beiden Zustände NAO+ und NAO- wechseln sich periodisch ab, deshalb spricht man von der NAO - Oszillation. Diese Oszillation bewegt sich im Bereich von 25 Jahren Periodendauer (Glogger, 1998). Die globale Erwärmung durch Klimagase erfolgt nun in hohen Breiten stärker als in den Tropen. Dies erhöht den Luftdruck über Island mehr als über den Azoren, also könnte die Erwärmung das System insgesamt häufiger in den Zustand NAO- gezwungen werden. Einige der jüngsten eindrücklichen Witterungserscheinungen traten zu Zeiten auf, als geringe Druckdifferenzen zwischen Azoren und Island registriert wurden. Dies zeigt eindrücklich, dass wegen des verstärkten Treibhauseffektes Änderungen der allgemeinen Zirkulation eintreten können, durch die vermehrte Naturkatastrophen zu befürchten sind.

Werden Westwindlagen (NOA+) mit zunehmender Klimaerwärmung seltener? Geringere Druckdifferenzen zwischen den Tiefs über Island und dem Azorenhoch (NOA-) führen zu vermehrten Niederschlägen im Mittelmeerraum.





Weitere Informationen zum Themenkreis NOA und Meeresströmungen: www.ldeo.columbia.edu

Die Einflüsse der Meeresströmungen

Es gibt jedoch auch Theorien, wonach in ca. einem Jahrhundert unter dem Einfluss sich plötzlich ändernder Meeresströmungen im Atlantik eine markante Abkühlung in höheren Breiten Europas erfolgen könnte. Heute versinkt der Golfstrom, nachdem er Wärme an die Luft abgegeben hat, in der Gegend von Island in die Tiefe des Meeres, da das Wasser infolge des hohen Salzgehaltes sowie der tiefen Temperatur eine hohe Dichte besitzt. Er kann so einen Teil der "Treibhauswärme" aus hohen Breiten in die Tiefe des Atlantiks abführen. Wenn allerdings die Erwärmung zu rasch vor sich geht, erhält das Oberflächenwasser vor Island eine zu geringe Dichte (zu hohe Temperatur, zu geringer Salzgehalt durch geschmolzenes Polareis) und kann nicht mehr absinken. Dadurch könnte die Meeresströmung und damit ein wesentlicher Wärmetransport nach Europa plötzlich unterbrochen werden, die Folgen davon wären etwa 5°C kälteres Wetter in Mitteleuropa. Die Klimaerwärmung würde somit kompensiert.

Ergebnisse neuerer Untersuchungen, v.a. aus dem NFP 31 Projekt "Klimaänderungen und Naturkatastrophen" zeigen, dass die für das Klima Europas so wichtige Meereszirkulation um so rascher zum Erliegen kommt, je schneller der Anstieg der Konzentration von Treibhausgasen erfolgt und je höher der CO_2-Gehalt der Atmosphäre liegt. Bei Fortsetzung des heutigen Emissionstrends würde der Golfstrom etwa in 100 Jahren komplett zum erliegen kommen (Glogger, 1998).

Wetterextreme in Graubünden in den letzten Jahren:
Starkniederschläge im Bündner Oberland (Nov. 2002) und im Puschlav (Juli 1987)
Sturm Lothar (Dez. 1999), Sturm Vivian (Feb. 1990)
Lawinenwinter (Feb. 1999)

Wie können nun aber einzelne Witterungsereignisse der jüngsten Vergangenheit in unserem Land, resp. Kanton mit dem verstärkten Treibhauseffekt in Verbindung gebracht werden? Anhand einiger Beispiele werden mögliche Zusammenhänge aufgezeigt. Dabei gilt zu bedenken, dass es extreme Witterungserscheinungen schon immer gegeben hat und dass die Treibhausgase in der Atmosphäre nur die Wahrscheinlichkeiten solcher Witterungsereignisse verändern.

Beispiel: Unwetter und Rekord-Niederschläge in Graubünden und Tessin im November 2002

Vom 14. - 16. Nov. kam es in weiten Teilen von Graubünden und Tessin zu sehr intensiven Starkniederschlägen. Die Niederschläge fielen dabei praktisch über drei Tage hinweg mit hoher und vor allem mit erstaunlich gleichmässiger Intensität. Bei der grossen Mehrheit der Messstellen der MeteoSchweiz wurden die bisher höchsten 3-Tages Werte registriert. Ursache der Starkniederschläge war eine stationäre Südstaulage. Die Südwinde waren so stark, dass sie die Niederschläge über den Alpenhauptkamm bis weit nach Nord- und Mittelbünden transportierten. Für das Ereignis vom 14.-16.Nov. 2002 fehlen Vergleichsfälle aus früherer Zeit. Meistens dauerten die Phasen sehr starker Niederschläge weniger als 3 Tage an. In Camedo (TI) fielen in den drei Tagen 611mm Niederschlag, in Hinterrhein 478mm, in Vals 292mm und in Disentis 281 mm. Aufgrund der bereits während des ganzen Monats gefallenen Niederschlägen wurde der durchschnittliche Monatsniederschlag in diesen Regionen um das 5- bis 6-fache überschritten. Es kam in Graubünden zu zahlreichen Murgängen. Besonders prekär war die Lage in der Surselva. Eine grosse Rüfe führte beispielsweise mitten durch das Dorf Schlans und es kam zu grossen Schäden. Fast im ganzen Kanton kam es zu Rutschungen, Überschwemmungen und Unterspülungen. Teilstrecken der Rhätischen Bahnen blieben für Wochen gesperrt.

Die Schadenssummen der Unwetter vom Nov. 2002 waren enorm. Insgesamt waren Schäden in der Grössenordnung von 150 Mio. sFr. zu verzeichnen. Darunter fallen unter anderem:

- Kantonstrassen 15 Mio. sFr.

- Rhätische Bahn: 20 Mio. sFr.

- Gebäude, Hausrat und Fahrzeuge: 35 Mio. sFr.

- Wasserbau: 20 Mio. sFr.

- Wald- und Forstwege, Wiesen und Felder: 30 Mio. sFr.

Unwetter: 14. - 16. November 2002:
Eine Mure führte mitten durch das Dorf Schlans. Die gesamte Schadenssumme im Nov. 2002 betrug im Kanton Graubünden mehr als 150 Mio. sFr.
Bild: Kantonale Leitungsorganisation, KLO



Beispiel: Sturm Lothar vom 26. Dezember 1999

Das Witterungsereignis Lothar lässt sich nicht mit schwachen Druckgegensätzen zwischen Azorenhoch und Islandtief in Verbindung bringen, an diesem Tage herrschte im Gegenteil eine ausgeprägte Westwindlage. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Klimaerwärmung an diesem Ereignis nicht beteiligt ist. Bekanntlich wird mit der Klimaerwärmung der Atmosphäre mehr Energie zugeführt, welche sich auch in Form von Bewegung in einem Orkantief manifestieren kann. Ausgeprägte Westwinde mit hohen Geschwindigkeiten können vor allem im Winterhalbjahr zwischen Herbst und Frühling auftreten.

Es ist bemerkenswert, dass sich der Beginn der starken Stürme in der Schweiz im Laufe der Zeit immer mehr von Oktober und November in den Dezember hinein verlegt hat. Die Anzahl und Dauer von Starkwindtagen im Winterhalbjahr hingegen ist innerhalb der letzten 100 Jahre zurückgegangen (MeteoSchweiz, 1999). Graubünden blieb von den Auswirkungen von Lothar nur zufälligerweise verschont.

Zur Entstehung des Wintersturms Lothar:

Die grossräumige Ausgangslage, die zur Entwicklung von Lothar führte, war ein mächtiges Tiefdruckgebiet über dem Nordatlantik. An dessen Südflanke bildete sich eine sogenannte langgestreckte Frontalzone, d.h. eine scharfe Luftmassengrenze zwischen kalter Luft im Norden und warmer Luft im Süden. Entlang der Frontalzone entstanden Randtiefs. Randtiefs haben im Wettergeschehen als Verursacher von heftigen Stürmen oder Starkniederschlägen eine sehr grosse Bedeutung. Zusammen mit der in diesen Tagen herrschenden aussergewöhnlich starken Höhenströmung verstärkte sich das Randtief. Am Ende der Entwicklung nahm es die Position (Wanderung über Irland zu den Färöer Inseln) und die Funktion des steuernden Zentraltief ein und bekam den Namen Kurt. Die zugehörende Kaltfront überquerte, begleitet von Sturmwinden, am 25. Dez. 1999 die Schweiz. Die gleichzeitig weiterhin herrschende Zufuhr von subtropischer Luft in das Tiefdruckgebiet führte zusammen mit dem in der Höhe herrschenden Starkwindband (Jet Stream) zu einer Intensivierung des ehemaligen Randtiefs zu einem Orkantief.

Die Schadenssummen des Sturms Lothar waren enorm. Insgesamt waren Schäden in der Grössenortnung von 1'780 Mio. sFr. zu verzeichnen. Darunter fallen unter anderem:

- **Waldschäden: 13 Mio. m³ Holz oder 750 Mio. sFr.**
- **Gebäude, Hausrat und Fahrzeuge: 725 Mio. sFr.**
- **Strassen- und Bahnverkehr: 80 Mio. sFr.**
- **Bergbahnen: 10 Mio. sFr.**
- **Stromleitungen, Sendemasten: 60 Mio. sFr.**

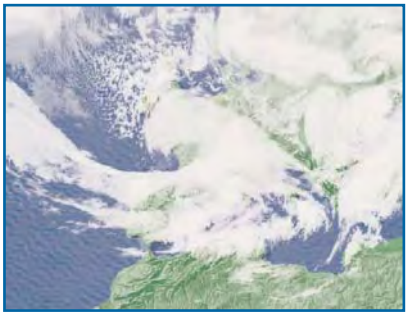
Der Sturm Lothar:
Am Rande eines Tiefdruckgebietes über Irland verstärkten sich die Winde zusammen mit dem in der Höhe herrschenden Jetstream zur Stärke eines Orkanes und richteten enorme Schäden an.



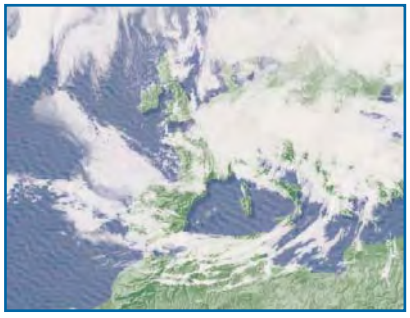
26.12.1999, 19 Uhr



27.12.1999, 07 Uhr



27.12.1999, 19 Uhr



28.12.1999, 13 Uhr

Informationen zu Klima und Wetter: www.meteoschweiz.ch

MeteoSchweiz

Beispiel: Intensive Schneefälle vom Januar / Februar 1999

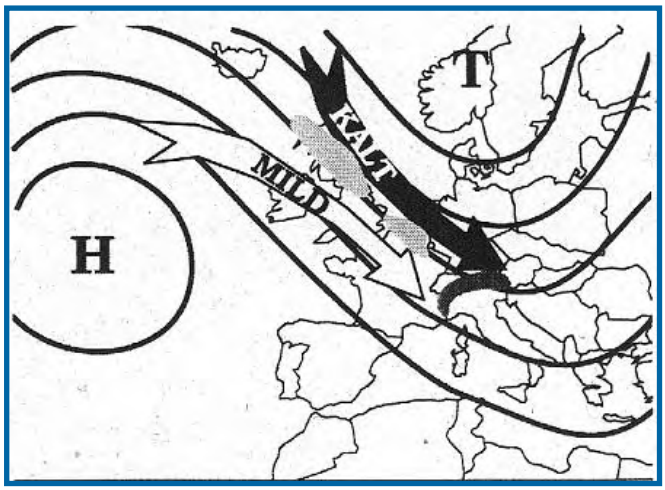
Die intensiven Schneefälle vom Jan. / Feb. 1999 sind während einer Wetterlage aufgetreten, bei dem die Strömung über mehrere Wochen von einem Tief über Skandinavien und einem Hoch über dem Atlantik bestimmt wurde. Die Druckgegensätze waren relativ gering.

Bei dieser Konstellation begegneten sich zwischen den beiden Druckzentren Kaltluft aus dem Norden und milde Luft aus dem Westen und wurden in einer stürmischen Nordwestströmung gegen die Alpen geführt. Entlang der Grenze der beiden Luftmassen entwickelten sich kräftige Niederschlags-gebiete und es traten gar Gewitter auf. Das spezielle an der Wettersituation dieser Zeit war, dass ab dem 26. Januar sowohl das Hoch- als auch das Tiefdruckgebiet über mehrere Tage stationär verharrten. Als sie sich auflösten, wurden sie zweimal durch neue Hoch- und Tiefdruckgebiete an alter Stelle ersetzt. So resultierten drei Starkschneefallperioden: vom 26. bis 29. Januar, vom 5. bis 10. Februar und vom 17. bis 24. Februar. Vom 26. Jan. bis 24. Feb. 1999 fielen extreme Neuschneemengen: Andermatt: 500 cm, Davos: 379 cm, Scuol 243 cm. An der Mehrheit der Messstellen wurden noch nie über 30 Tage hinweg so grosse Schneemengen angehäuft.

Beispiel: Das einseitige Einschneien der Alpensüdseite vom Dezember 2000

Das einseitige Einschneien der Alpensüdseite, wie es zu Beginn des Winters 2000/2001 ausgeprägt aufgetreten ist, tritt bevorzugt bei Situationen schwacher Westwindzirkulation auf. Bei schwachen Druckgegensätzen kann die polare Kaltluft von Island bis weit nach Süden vordringen und die Alpen vermehrt von Süden anströmen, was zu entsprechenden Schneefällen im Winter auf der Alpensüdseite führt. Bei starken Druckdifferenzen und ausgeprägter Westwindzirkulation wird die Alpensüdseite hingegen nicht von Süden her angeströmt und erhält daher weniger Niederschläge.

Stabile Grosswetterlage:
Vom 26. Jan. bis 24.Feb. 1999 führte eine stabile Nordwestströmung staffelweise grosse Niederschlagsmengen zu den Alpen.



Lawinenwinter 1999:
Im Kanton Graubünden führten 450 Lawinen zu Schäden von 7 Mio. sFr. Die Region Davos und das Unterengadin, Müstair blieben während Tagen von der Umwelt abgeschnitten.



Extreme Witterungssituationen werden zunehmen.

In den Klimaperioden zwischen 1961 und 1990 nahmen in der Schweiz in der Zeit zwischen November und Dezember sowie zwischen März und April die Niederschläge um bis zu 20% zu. Eine weitere Erhöhung der Niederschläge vor allem im Winter und in den Übergangsjahreszeiten ist wahrscheinlich. Dabei werden die intensiven Niederschläge mit mehr als 30 mm Regen pro Tag stärker zunehmen, während Niederschläge mit geringer Intensität in etwa gleichbleiben. Die Hochwasserhäufigkeit wird zunehmen (ProClim, 1998).

Aber auch europa- und weltweit werden extreme Witterungsereignisse beobachtet:

Extreme Niederschläge in Deutschland, Österreich und Tschechien führten im Aug. 2002 zu verheerenden Überschwemmungen mit Schäden in der Grössenortnung von 9.2 Mia. sFr.

Aufgrund intensiver Monsunniederschläge standen 2002 ein Drittel von Bangladesch unter Wasser. Im darauffolgenden Winter führten kalte Winde aus dem Himalaya zu stark unterdurchschnittlichen Temperaturen in diesen subtropischen Regionen, Tausende erfroren.

Im Vergleich dazu herrscht in verschiedenen Regionen der USA und Kanada Wasserknappheit, weil es seit bald 8 Jahren keine nennenswerten Niederschläge mehr gegeben hat.

Das Jahr 2002 gilt weltweit als das wärmste seit Beginn der Aufzeichnungen vor bald 150 Jahren.

Osteuropa 2002

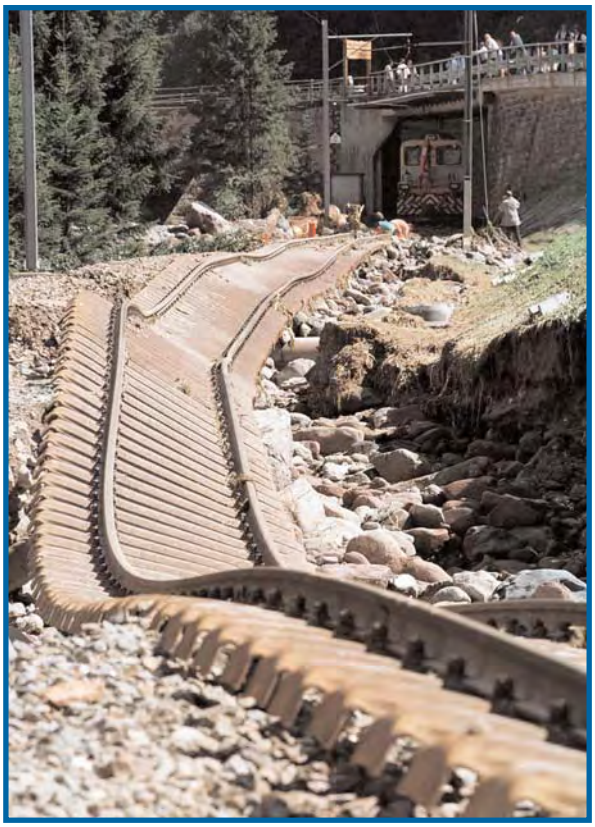
„Die Hochwasser sind nicht eine Folge der Klimaerwärmung. Ihr Ausmass ist jedoch wegen der Klimaerwärmung möglicherweise grösser ausgefallen, als dies sonst der Fall wäre.

Die Hochwasser sind weder ein Beweis noch ein Gegenbeweis für die Klimaerwärmung. Sie passen aber ins Bild, das die Klimatologen als Folge der Erwärmung im Laufe des 21. Jahrhunderts erwar ten.“

Dr. Christoph Frei (ETH Zürich)
Prof. Heinz Wanner (Uni Bern)

ProClim-
Forum for Climate and Global Change
Swiss Academy of Sciences

Weitere Informationen zu Klima, Treibhaus und Klimapolitik: www.proclim.ch, www.climate-change.ch



Rüfenniedergang bei Davos-Glaris, 1998

Der Mensch beeinflusst durch die Emissionen von Treibhausgas das Klima.

Die Erde erwärmt sich wesentlich schneller als bisher angenommen. In einem von der UNO 2001 veröffentlichten Bericht gehen Experten davon aus, dass sich die Erde in diesem Jahrhundert stärker aufheizt als bisher angenommen: 1.4 bis 5.6 Grad. Der Meeresspiegel wird dabei zwischen 9 und 88 cm ansteigen. Der grösste Teil der Erwärmung der letzten 50 Jahre und künftigen Entwicklung ist dabei dem Menschen zuzuschreiben (IPCC 2001).

Es besteht kein Zweifel mehr daran, dass der Mensch das Klima der Erde durch die Emission von Treibhausgasen wie CO_2 und Methan beeinflusst. Eine Folge dieser Emissionen ist eine, heute bereits auch in Graubünden beobachtete Temperaturzunahme in der Atmosphäre. Zudem deutet der Rückgang der Gletscher und die Abnahme des Anteills von Schnee am winterlichen Niederschlag auf einen zunehmenden Einfluss der Klimaerwärmung im Kt. Graubünden hin.

Der Mensch wird oft als Hauptverursacher der Erwärmung betrachtet. Es ist tatsächlich so, dass wir durch die Beeinflussung des Treibhauseffektes der Erwärmung Vorschub leisten. Der Treibhauseffekt ist für das Klima auf der Erde verantwortlich. Die von der Sonne ankommende Wärmestrahlung wird an der Erdoberfläche reflektiert und in die Atmosphäre zurückgestrahlt. Ein grosser Teil dieser Wärmestrahlen wird von den Treibhausgasen am Verlassen der Atmosphäre gehindert. Als Folge dieses Effektes herrscht auf der Erde eine durchschnittliche Temperatur von 15°C. Ohne Abschirmung würde die Erdoberflächentemperatur bei -18°C liegen (Bundesamt für Statistik, 1997).
Der Treibhauseffekt wird aber seit einiger Zeit mit unseren Emissionen aus Verkehr, Haushalt, Industrie und Landwirtschaft in nie dagewesener Weise verändert. In der Atmosphäre hat seit Beginn der Industrialisierung (1850) der Anteil der für den Treibhauseffekt verantwortlichen Gase Kohlenstoffdioxid (CO_2) um 30 % und der Anteil von Methan (CH_4) um 150 % zugenommen (BUWAL, 2002). Weitere klimarelevante Schadstoffe sind chlorierte und nicht chlorierte Fluor - Kohlenwasserstoffe (FCKW und FKW), Ozon und Lachgas (N_2O).

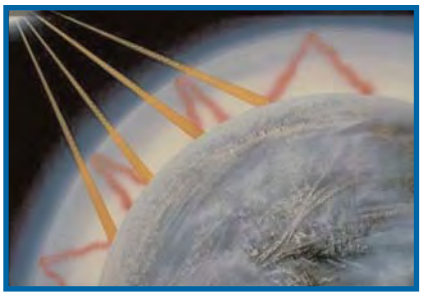
Der Anstieg von CO_2 ist auf die Zunahme der Verbrennung fossiler Brennstoffe aber auch auf die Rodung der Regenwälder zurückzuführen. Dabei ist das Abholzen der Regenwälder für das Weltklima in doppelter Hinsicht äusserst schlecht: CO_2 wird von den Pflanzen aufgenommen und mittels Fotosynthese in Kohlenhydrate umgewandelt. Durch Brandrodung stehen jährlich ca. 560'000 Quadratkilometer weniger Wald für diese Fotosynthese zur Verfügung. Zusätzlich wird die Atmosphäre mit 1 bis 2 Milliarden Tonnen CO_2 belastet, was ca. ein Drittel des weltweiten Ausstosses darstellt. Aber auch durch unsere Mobilität (Verkehr) und unser Komfortbedürfnis (Heizungen) entsteht vermehrt CO_2.

Methan entsteht in der Landwirtschaft durch Intensivviehhaltung und Düngung, FCKW wurde bei uns bis vor kurzem als Kühlmittel verwendet und wird in gewissen Ländern weiterhin als Treibgas in Spraydosen eingesetzt.

Daneben gibt es aber auch natürliche Faktoren für Klimaveränderungen wie z.B. die Sonne, welche einmal stärker oder einmal schwächer scheinen kann. Dies beeinflusst sowohl die Temperaturen direkt als auch die Wetterlagen, was zu indirekten Temperaturveränderungen führen kann. Es ist aber mittlerweile bewiesen, dass die derzeitige Erwärmung nur etwa zu einem Drittel auf die Sonne zurückgeführt werden kann (Glogger, 1998).

Ein weiterer Einflussfaktor ist das Vorkommen von Aerosolen in der Athmosphäre. Aerosole sind Produkte von verschiedenen Vorgängen auf der Erde wie zum Beispiel Verbrennungen, Vulkanausbrüchen, Staubstürmen und Salzwassergischt. Aerosole wirken auf verschiedene Art und Weisen auf das Klima und tragen damit zur Klimaänderung bei.

Der Treibhauseffekt:
Die Treibhausgase halten die Wärmestrahlung in der Atmosphäre zurück und machen die Erde für den Menschen bewohnbar. Mehr Treibhausgase führen zu einer Temperaturerhöhung in der Atmosphäre.



Weitere Informationen zum Thema Klimaänderungen:
www.klima-schweiz.ch

Treibhausgas	Wichtigste Emissionsquellen	Erwärmungs-potential *	Weltweiter Anteil am verstärkten Treibhauseffekt	Emissionen GR in Tonnen/Jahr
Kohlendioxid (CO_2)	Verbrennung **fossiler Brenn-** und **Treibstoffe** (Erdöl, Erdgas, Kohle), Abholzung / Brandrodung	1	ca. ¾	1'524'000 t/a
Methan (CH_4)	**Landwirtschaft:** Methan entsteht bei der Vergärung des Futters durch Mikroorganismen im Verdauungstrakt der Nutztiere. **Reisanbau:** Mikroorganismen zersetzen organische Substanzen unter anaeroben Bedingungen (unter Luftabschluss in überfluteten Reisfeldern) und produzieren dabei Methan.	21	ca. 1/6	24'562 t/a
Lachgas (N_2O)	**Landwirtschaft:** Unter sauerstofffreien Bedingungen wandeln Bakterien den Stickstoffdünger zu Lachgas um	310	ca. 1/12	1'139 t/a
Fluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC/PFC/ SF6)	**Kälte-** und **Klimaanlagen**, Isolationsschäume. FKW's kommen v.a. als Ersatzstoffe für die FCKW und HFCKW zum Einsatz	einige 1000	noch gering, rasch zunehmend	
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW- und HFCKW-Gruppe)	**Spraydosen**, Schaumherstellung, technische **Lösemittel** und Kältetechnik. FCKW's sind wegen ihrer Ozonschicht zerstörenden Wirkung z.T. bereits verboten, für HFCKW's gelten längere Übergangsfristen.	einige 1000	aufgrund der Politik zum Schutz der Ozonschicht abnehmend	0.77 t/a

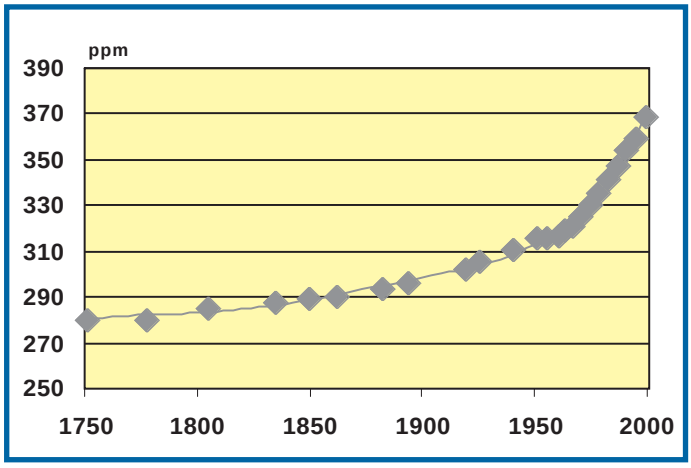
Das sogenannte globale Erwärmungspotential vergleicht die relative Bedeutung der einzelnen Treibhausgase. Diese Berechnungsgrösse gibt Auskunft über die Treibhauswirkung der einzelnen Gase im Vergleich mit CO_2 (= Referenzgrösse) bei gleicher Masse. Aufgrund der hohen Emissionen ist das CO_2 das wichtigste Treibhausgas.

Die Treibhausgase haben seit 1750 markant zugenommen.

Die wichtigsten Treibhausgase haben seit 1750 in der Atmosphäre deutlich zugenommen: Das CO_2 nahm um rund 30% zu, der Methangehalt (CH_4) um 150% und der Lachgas-Anteil N_2O nahm um 20% zu. Tendenz steigend.

Zu diesen Treibhausgasen kommen eine Reihe indirekt klimawirksamer Spurengase (sogenannte Vorläufersubstanzen) wie Kohlenmonoxid (CO), die Stickstoffoxide (NO_x) sowie die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Diese Gase absorbieren die Infrarotstrahlung selber nur in geringem Ausmass, sind aber in der Atmosphäre chemisch aktiv und fördern die Bildung und verlängern die Lebensdauer von Spurengasen wie Methan oder Ozon.

Zunahme der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre



Noch nie in den vergangenen 420'000 Jahren waren der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre so hoch wie heute und noch nie ist er so rasch angestiegen wie in den vergangenen 50 Jahren.

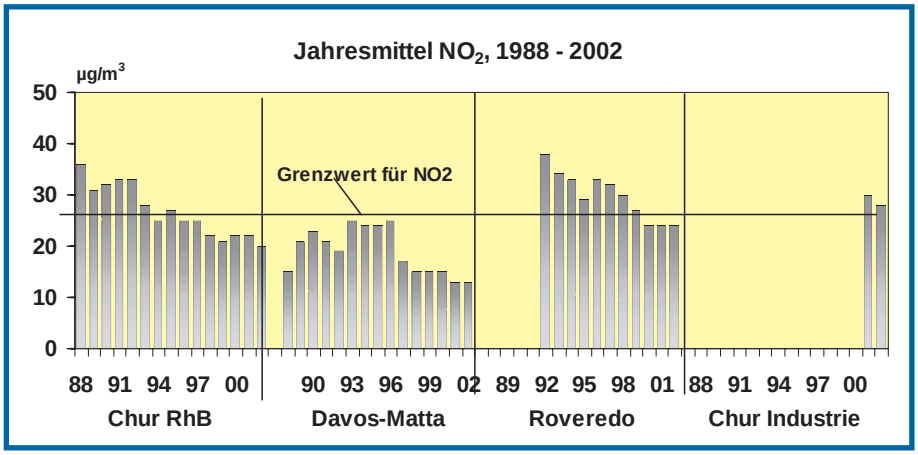
Klimauntersuchung mit Hilfe von Eisbohrkernen: Der CO_2-Gehalt von 1750 - 1950 wurde aus Gasproben von Eisbohrkernen aus der Antarktis rekonstruiert. Seit 1950 werden die Konzentrationen auf dem Mauna Loa (Hawaii) gemessen.

Weitere Informationen zum Thema Klimageschichte www.climate.unibe.ch, http://sio.ucsd.edu/

Die Reduktion der Treibhausgase verbessert die Luftqualität

Der Einfluss des Menschen auf das Klima kann nur gestoppt werden, indem die Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase weltweit getroffen werden. Die Bereitschaft der verschiedenen Staaten zur Senkung ihrer Emissionen ist heute stark unterschiedlich.
Die Schweiz hat sich im Kyoto-Protokoll von 1997 verpflichtet die Treibhausgase im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 um 8 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Mit verschiedenen Massnahmen soll dieses Ziel erreicht werden, beispielsweise mit der schweizerischen Luftreinhaltepolitik, dem Energieprogramm EnergieSchweiz, der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA), der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Bahn, dem Ausbau und der Förderung des öffentlichen Verkehrs, der Förderung unweltschonender Bewirtschaftung in der Landwirtschaft und dem CO_2-Gesetz, welches beim Verfehlen des Ziels eine CO_2-Abgabe vorsieht. Sämtliche Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase haben als Zusatznutzen die Verbesserung der lokalen Luftqualität. In den Jahren zwischen 1960 und 1990 hat sich die Verschmutzung der Luft mit Schadstoffen massiv verschlechtert. Mit verschiedenen Massnahmen, die seit den späten 80er Jahren eingeleitet wurden, konnte die Luftqualität wieder deutlich verbessert werden. Am Beispiel der im Kanton Graubünden gemessenen Immissionsdaten von Stickstoffdioxid (NO_2) ist ersichtlich, dass die Werte seit Beginn der 90er Jahre abnehmen und heute praktisch überall im Kanton die Grenzwerte der schweizerischen Luftreinhaltverordnung (LRV) eingehalten werden. Nachwievor werden beim Ozon und Feinstaub (PM10) erhöhte Belastungen gemessen. Aufgrund dieser Immissionssituation ergibt sich die Notwendigkeit für weitere Anstrengungen zur Reduktion der Emissionen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

Entwicklung der Luftbelastung im Kanton Graubünden: Die Stickoxidbelastung hat im Kanton Graubünden wegen verschiedener getroffener Massnahmen in den letzten 10 Jahren deutlich abgenommen. Weitere Informationen zum Thema: www.afu.gr.ch



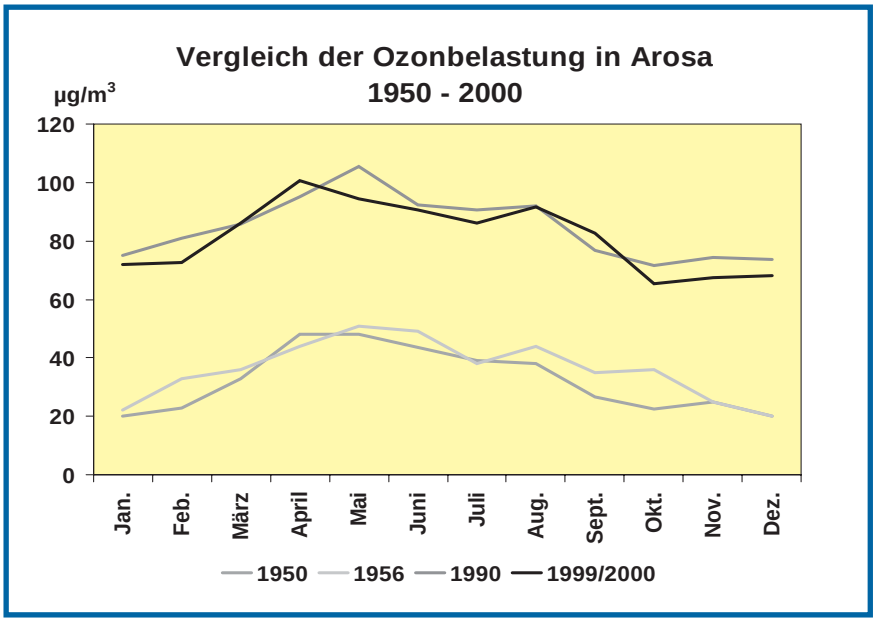
Klimaaufzeichnungen aus dem Kt. Graubünden existieren seit 1700

Das Klima wird definiert als die Zusammenfassung aller Wetterlagen in einer bestimmten Region über Jahre, sogar Jahrzehnte. Es ist deshalb interessant dem Begriff Klima historisch nachzugehen. Den vielfältigen Naturphänomenen Graubündens und dem Klima gingen schon früh Chronisten wie J. G. Guler v. Wyneck und F. Sprecher v. Berneck nach. Zudem sind Beobachtungen in Reiseberichten berühmter Durchreisender wie H. Zschokke, H.C. Escher v. d. Linth, J.W.Goethe und F. Nietzsche (Burga,1985) zu finden.

Klimabeobachtungen hat der bekannte Naturwissenschafter Johann Jakob Scheuchzer 1703 auf dem Kunkelspass vorgenommen. Älteste Aufzeichnungen mit Klimadaten sind für die Jahre 1783-1810 aus dem Philantropin des Joh. R. von Salis-Marschlins überliefert, der die Einschneizeiten und Schneedeckenhöhen aufzeichnete (Truog, 1996). Der Disentiser Pater Placidus A. Spescha verfasste 1818 einen Aufsatz über "Das Clima der Alpen.." in welchem er nachwies, dass das Klima rauher geworden sei.

In der Schweiz hat die Klimaforschung Tradition. Bald nach der Erfindung von Barometer und Thermometer erliess besagter Johann Jakob Scheuchzer den Aufruf zu instrumenteller Wetterbeobachtung. Louis Agassiz, berühmter Gletscherforscher und Bahnbrecher für die Theorie der Eiszeiten führte 1841 bis 1845 ein Forschungsprogramm auf dem Unteraargletscher durch. Das meteorologische Büro der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft begann um 1864 mit Wetterbeobachtungen an rund 80 Stationen (Truog, 1996). Aus dieser Institution, welche immer mehr von der Wetterbeobachtung in die Wetterprognose gedrängt wurde, entstand 1881 die Schweizerische Meteorologische Anstalt, die SMA - heute MeteoSchweiz. Die älteste vollständige Messreihe in Graubünden wird seit 1892 in Ilanz aufgezeichnet.
A.von Flugi sammelte klimatologische Daten und Naturereignisse für die Jahre 1850 - 1900 aus dem Oberengadin und seiner Umgebung und veröffentlichte diese 1920 (Burga, 1985). Auffallend ist die Häufung von Klimapublikationen über Graubünden in der Zeit von 1925-1927. So existiert ein Bericht über die Verhandlungen der klimatologischen Tagung in Davos von 1925. Medizinisch ist der Begriff als Referenz in einem Aufsatz von Dr. Med. Stephan Hediger von 1930 enthalten, in welchem auf die heilende Wirkung des trockenen Klimas von St. Moritz im Zusammenspiel mit den eisen- und kohlesäurehaltigen Quellen hinweist. Übrigens wurde an besagter klimatologischer Tagung breits über den Nachweis von Ozon in der Bündner Luft berichtet. 1930 und in den 50er Jahren wurden dann in Arosa auch erste Messungen durchgeführt. In der Folge verdoppelte sich mit zunehmender Luftverschmutzung die Ozonbelastung in Arosa bis in die Neunzigerjahre.
Für eine längere Zeit war man dann offensichtlich mit dem Klima in Graubünden zufrieden, es war kein Thema. Ab 1985 setzten die Publikationen wieder ein, allerdings mit dem Zusatz der Klimaveränderung und Klimaerwärmung. Auf dem Höhenweg von Muottas Muragl zur Alp Languard im Oberengadin existiert ein Klimaweg, der als Erlebnispfad die Faszination für klimaabhängige Naturphänomene in den Alpen zu wecken vermag.

Ozonbelastung in Arosa:
Die Ozonbelastung hat sich seit den 50er Jahren verdoppelt. Grund dafür sind die Zunahme der Emissionen von Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung. Die Messreihe von Arosa ist eine von wenigen Reihen in Europa die Vergleiche mit früheren Jahren erlaubt.

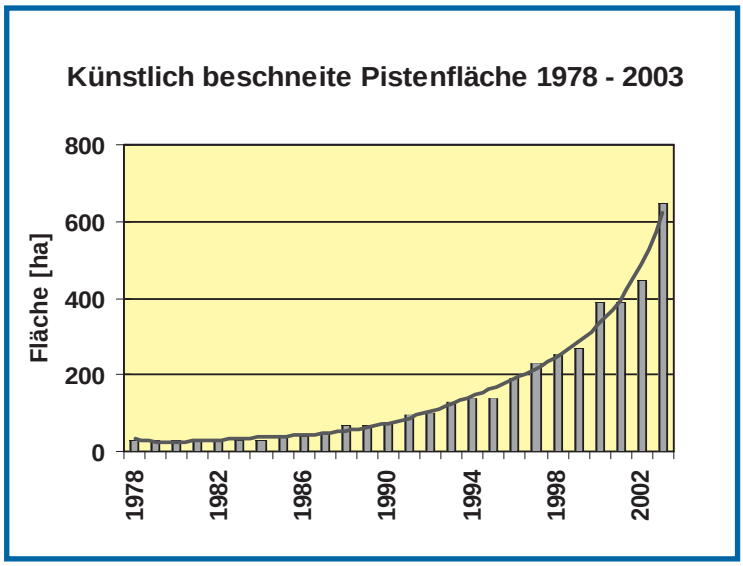


Der Klimawandel bringt Skigebiete in Bedrängnis

Vieles weist darauf hin, dass die Klimaerwärmung die Schneeverhältnisse für den Skisport in den Alpen verschlechtert. Da der Wintersport sehr sensitiv auf schneearme Winter reagiert, muss mit gravierenden Folgen gerechnet werden. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Klimaänderung und Naturkatastrophen" (NFP31) wurde ermittelt, was der prognostizierte Temperaturanstieg für die Schneesicherheit in der Schweiz bedeutet: Während heute Skigebiete ab 1'200 Metern über Meer als schneesicher gelten, wird sich die Grenze bei einem Temperaturanstieg um 2 Grad um 300 Höhenmeter nach oben verschieben. Statt 195 wie heute können dann nur noch 144 von den insgesamt 230 Skigebieten der Schweiz als schneesicher gelten; 94 befinden sich in den Kantonen Wallis und Graubünden. Eine Gästebefragung im Rahmen des NFP31 in der Innerschweiz hat gezeigt, dass Skifahrer bereits in den nächsten Dekaden mit starken Auswirkungen der Klimänderung auf den Skitourismus rechnen. Knapp die Hälfte der befragten Gäste wird bei einer Abfolge von 5 schneearmen Wintern in schneesichere Skigebiete reisen. Ein Drittel wird ihrem Skigebiet treu bleiben, aber weniger skifahren. Technische Massnahmen (z.B. künstliche Beschneiung) und Angebotsergänzungen werden aber den fehlenden Schnee nicht ersetzen können. Auf der Gewinnerseite werden künftig die schneesicheren Top-Skiorte mit einem vielfältigen Winterangebot stehen, auf der Verliererseite die tieferliegenden Skigebiete. Die Auswirkungen auf den Schweizer Tourismus werden gemäss dem NFP31-Forschungsprogramm markant sein: Man schätzt, dass die Bruttowertschöpfung des Wintersportes eine Einbusse von bis zu 40% erleiden könnte, was jährlichen Kosten von 2.1 Milliarden Franken entspräche. Der Wintertourismus steht damit vor Problemen und Herausforderungen, welche von der Klimaänderung mitverursacht werden.

Um den negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung entgegenzuwirken sehen sich viele Skigebiete gezwungen, immer grössere Flächen von Skipisten künstlich zu beschneien. Die Entwicklung der Beschneiungsflächen begann in Graubünden 1978 und zeigt bis zum Jahr 2003 eine markante Zunahme.

Beschneiungsanlagen im Kanton Graubünden: Bis im Jahre 2003 werden in Graubünden in künstliche Beschneiungsanlagen 200 Mio. sFr. inverstiert worden sein. Quelle Amt für Umwelt.



Kosten Beschneiungsanlagen:

Pro km beschneite Skipiste sind Investitionen von 1 Mio. sFr. nötig. Betrieb und Unterhalt der Skipiste kostet pro km bis zu 50'000 sFr. / Jahr.

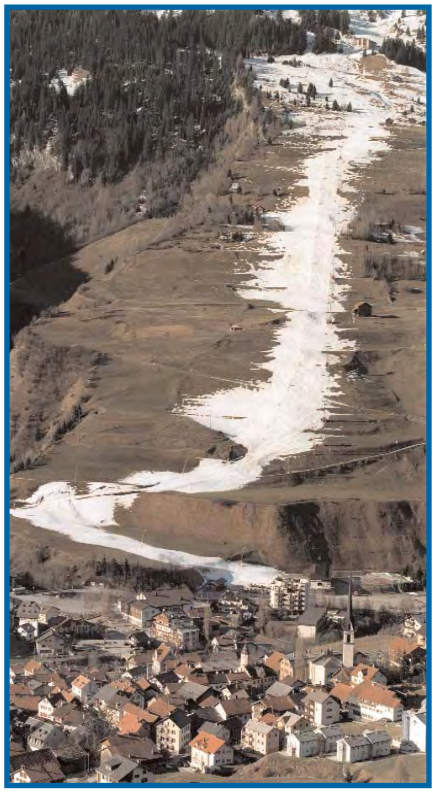


Bild: Savognin, Februar 1998.

Die Bevölkerung in den Alpen muss grosse Aufwendungen zu ihrem Schutz aufbringen

Der Mensch im Alpenraum und damit auch im Kanton Graubünden hat gelernt, mit extremen Wettersituationen umzugehen und hat seine Nutzungsbedürfnisse erfolgreich den harten Naturbedingungen angepasst. Die heutige Kulturlandschaft zeugt von den jahrhundertelangen Anstrengungen der Bewohner, auch unwirtliche Gebiete als produktiven Lebensraum zu nutzen. Dazu waren viele Eingriffe in die Natur bis in grosse Höhen nötig. Die für Siedlungen, Verkehrswege, die Berglandwirtschaft und den Tourismus erschlossenen Gebiete müssen laufend gepflegt und vor Naturereignissen wie Felsstürzen, Lawinen, Murgängen und Überschwemmungen geschützt werden.

Die jährlichen Kosten im Kanton Graubünden für Massnahmen betragen für:

Verbauungen, Aufforstung und Schutzwaldpflege: 15 Mio sFr. (vgl. gesamte Schweiz: 70 Mio sFr.)

Im Oberengadin wird zur Zeit ein besonderes Hochwasserschutzprojekt realisiert. Um die Gemeinden Samedan und Celerina vor regelmässig auftretenden Überschwemmungen zu schützen werden der Flazbach und der Inn umgeleitet. Kosten des Projektes 30 Mio. sFr. Wie in anderen Regionen der Erde wird die weltweit beobachtete Erwärmung der Erdatmosphäre die Anpassungsfähigkeit der Alpenbewohner hart auf die Probe stellen. Denn ein rascher Klimawandel brächte Veränderungen mit sich, für die es bisher keinen Vergleich gibt. Die Natur im Berggebiet reagiert äusserst empfindlich auf Klimaänderungen, die Spuren der Erwärmung lassen sich schon heute in der Landschaft ablesen.



Lawinenverbauungen am Schiahorn ob Davos



Hochwasserschutz Samedan



Gallerie an einem Pass

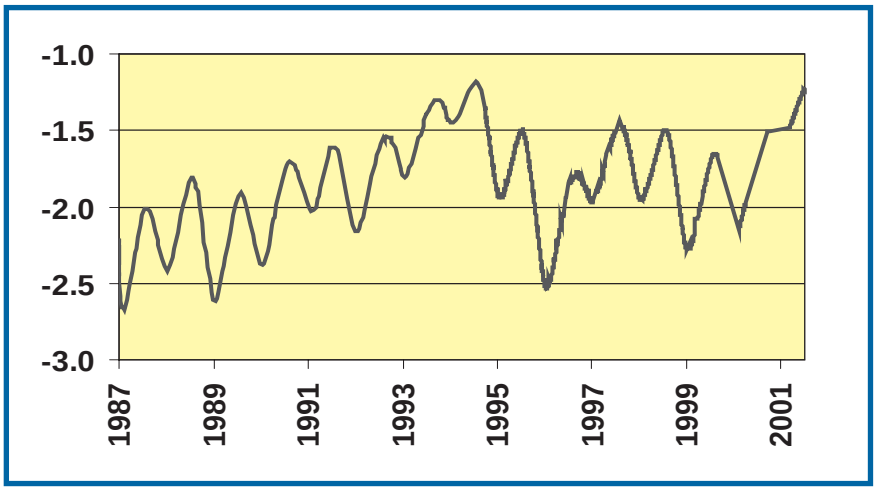
Schmelzender Permafrost

Im Alpenraum liegen grosse Gebiete oberhalb der Waldgrenze im Permafrost-Bereich. Beim Permafrost handelt es sich um ganzjährig gefrorenen Untergrund, der sich überall dort befindet, wo die mittlere Jahrestemperatur an der Oberfläche nicht mehr als -3 bis -2 Grad Celsius beträgt. Eindringendes Wasser in Form von Luftfeuchtigkeit, Regen, Schmelz- oder Grundwasser wird abgekühlt und gefriert zwischen den Steinen. Im Sommer taut jeweils nur eine Oberflächenschicht von wenigen Dezimetern bis Metern auf, darunter bleibt der Boden dauerhaft gefroren. Der Dauerfrost besteht aus Fels und Lockermaterial (Sand, Kies und Geröll) mit unterschiedlichem Eisgehalt und kann in den Alpen eine Dicke von über 100 Metern erreichen. Im Kanton Graubünden existieren vor allem im Bündner Oberland und im Oberengadin ausgeprägte Permafrostgebiete.

Besiedelte Zonen mit Dörfern und Verkehrsadern wurden beispielsweise im Engadin unmittelbar unter solchen Permafrostzonen gebaut. Seilbahnen und deren Bergstationen wurden in Permafrostregionen gebaut und müssen bereits heute zusätzlich abgesichert werden.

Im europäischen PACE-Projekt (Permafrost und Climate) werden die Veränderungen in Permafrostregionen durch die steigende Erwärmung der Erdatmosphäre untersucht. Die PACE-Untersuchungen am Murtèl-Corvatsch im Engadin haben denn auch gezeigt, dass sich der Permafrost in den vergangenen 15 Jahren um 1 Grad Celsius erwärmt hat. Dies hat zur Folge, dass die Stabilität der Berghänge abnimmt. Gesteinsmassen können bei weiter ansteigenden Temperaturen instabil werden und ins Rutschen geraten.

Temperaturzunahme im Permafrost:
Die Temperaturen im Permaforst stiegen beim Murtèl-Corvatsch in einer Tiefe von 11.5m seit 1987 stetig an.
Die Temperaturunterschiede hängen u.a. von der Schneebedeckung ab. Diese Zunahme ist kein Beweis für die Klimaänderung, sondern die Temperaturen im Permafrost sind in komplexer und noch nicht in genügendem Mass verstandener Weise von verschiedenen Umweltfaktoren abhängig.



Damm zum Schutz von Pontresina:
Der schmelzende Permafrost führt zu instabilen Gesteinsmassen am Piz las Sours, welche den Ort Pontresina gefährden. Zu dessen Schutz wird für 7.5 Mio. sFr. ein Damm von 600m Länge und 20m Höhe gebaut.





Weitere Informationen zum Thema Permafrost:
www.geo.unizh.ch; www.academia-engiadina.ch

Was sind die neuen Erkenntnisse?

Wir verlassen den Schwankungsbereich der letzten 420'000 Jahre

In den letzten Jahren sind zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten zur Klimaentwicklung in der Vergangenheit publiziert worden. Eisbohrkerne aus der Antarktis zeigen, dass gewisse Klimaparameter (globale Temperatur, Gehalt der Treibhausgase in der Atmosphäre) in den letzten 420'000 Jahren stark variiert haben, aber bestimmte Grenzen nie verlassen worden sind. Auch wenn bezüglich des vergangenen Klimas noch lange nicht alles klar ist, so scheinen einige Dinge mittlerweile gesichert: So hoch wie heute waren die Treibhausgaskonzentrationen (CO_2 und CH_4) in den letzten 420'000 Jahren nie. Auch sind sie in dieser Zeit nie so schnell angestiegen wie in den letzten hundert Jahren.

Zunahme der Waldbrandgefahr

Die Konzentration der Niederschläge auf das Frühjahr und der allgemeine Temperaturanstieg haben vermehrt Trockenperioden zur Folge, welche speziell auf der Alpensüdseite zu einer Zunahme der Waldbrandgefahr und deren Ereignisse führt (BfS, 1997).

Veränderung der Vegetation

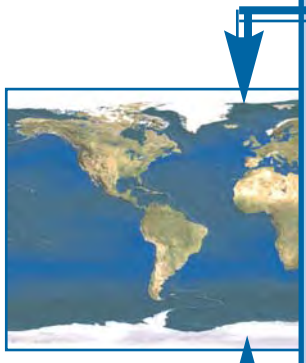
Eine Verdoppelung der CO_2-Konzentration führt bei der Fotosynthese der Pflanzen zu mehr Kohlenhydraten und zu weniger Stickstoff. Dieser Effekt ist bei den Kräutern ausgeprägter als bei den Gräsern. Solche artspezifischen Reaktionen verändern das Ökosystem. So wachsen zum Beispiel Heuschrecken bei einem tieferen Stickstoffgehalt in den Blättern langsamer. Zudem werden Wiesen und Wälder in ihrer Zusammensetzung verändert. Für das alpine Ökosystem sind diese schleichenden Veränderungen mit negativen Folgen verbunden (Bader, Kunz 1998).

Das vermehrte Wachstum von Sträuchern und Kräutern hindert den Baumnachwuchs in der Entwicklung. Auf extreme Witterungseinflüsse (z.B. Kälteperioden) sind diese Arten jedoch weniger resistent als die Bäume, was zu vermehrter Erosion des Bodens führt. In den letzen 50 Jahren hat sich ein deutlicher Trend zum früheren Auftreten verschiedener Phänophasen wie Blattentfaltung, Beginn der Blüte, Vollblüte im Frühling gezeigt. Heute ist die Vegetationsentwicklung im Vergleich zu den 50er Jahren rund 7 bis 9 Tage im Vorsprung. Aber auch im Herbst zeigen verschiedene Phänophasen, wie Blattverfärbung und Blattfall einen Trend zum späteren Auftreten und treten heute 3 bis 5 Tage später auf.

Die Vegetationsentwicklung reagiert dabei in den Alpen deutlich stärker auf eine Klimaerwärmung als im Tiefland (Quelle: MeteoSchweiz, 2002).

Methanhydrate

In tiefen Bodenschichten der Permafrostgebiete und an den Kontinentalhängen der Ozeane sind sehr grosse Mengen des Treibhausgases Methan in Form von Methanhydraten gebunden. Ändert sich entweder die Temperatur oder der Druck, so zerfällt das Gashydrat in seine Bestandteile. Da diese Schichten einerseits sehr dick sein können (Wissenschaftler haben Vorkommen von mehreren hundert Metern Mächtigkeit gefunden) und das Hydrat als starker Konzentrierer wirkt (beim Zerfall von 1 Volumen Hydrat entstehen bei 1013 mbar 164 Volumen Methan), könnten in Zukunft in sehr kurzer Zeit sehr grosse Mengen Methan emittiert werden. Als auslösender Faktor für diese Spirale reicht vermutlich bereits eine leicht steigende Wassertemperatur in den Ozeanen. Die Folgen dieses Effektes für das Weltklima sind nach dem Stand der heutigen Forschung noch nicht absehbar.



Einflussfaktoren des Klimawandels:

Natürliche Faktoren (Schwankungen der Sonnenkraft, Vulkane)

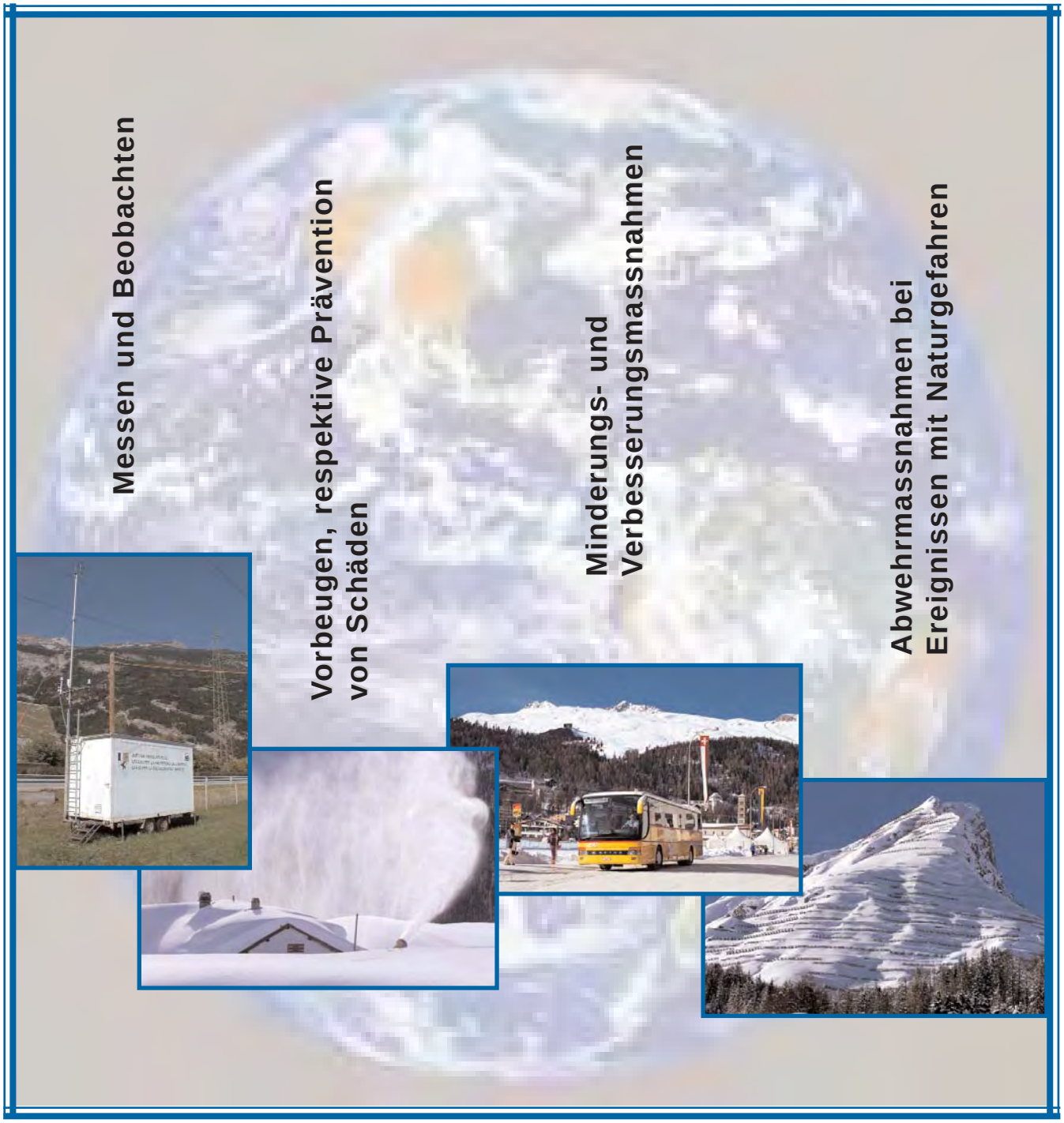
Menschliche Einflussfaktoren (Treibhausgase, Aerosole, Russ, Oberflächenveränderungen)

Schwankungen im System Atmosphäre-Ozean-Meereis-Biosphäre

Was können wir tun?

Um die Herausforderungen des Klimawandels meistern zu können, ist Handlungsbedarf bei Bund Kanton, Regionen, Gemeinden und Privatpersonen gefragt. Die sich anbietenden Massnahmen können wie folgt unterteilt und beschrieben weden:

Klimakonzept



Messen, Beobachten

Die Klimawissenschaft, speziell die Meteorologie wird künftig neuere, genauere Erkenntnisse und Messresultate zur Frage der Klimaerwärmung liefern. Aber auch die diversen Beobachtungen und Messreihen der kantonalen Ämter für Umwelt, Wald, Jagd und Fischerei gilt es fortzusetzen. Ausserdem wurde eine Stelle für Naturgefahren im Amt für Wald geschaffen, die sich integral, von der Diagnose bis zur Abwehr mit Naturgefahren befasst.

Vorbeugen, Prävention

Da in einem beschränkten Raum, wie dem Kanton Graubünden oder dem Alpenraum, die Klimaveränderung nicht aufgehalten werden kann, muss man sich darauf einrichten. Dies bedeutet die Realisation von mit hohen Kosten verbundenen Schutzmassnahmen. Dazu gehören Lawinenverbauungen, Schutzwaldpflege, Lawinengalerien im Strassenbau und im Bahntrasseebau und der Hochwasserschutz. Gezielte Grossprojekte wie der sich im Bau befindliche Abwehrdamm gegen Lawinen- und Muhrgänge in Pontresina, resp. die Umlegung des Flazbaches aus dem Dorfgebiet Samedan, werden ebenfalls der Risikominderung dienen. Aber auch im Tourismus sind Anpassungsinvestitionen gefragt, wie bekanntlich die technischen Massnahmen zur künstlichen Beschneiung der Skipisten. Die Ausscheidung von Gefahrenzonen und das Durchsetzen von Bauverboten in diesen Zonen ist eine in Graubünden seit langem praktizierte Massnahme, welche sich auch in den Ereignissen vom Winter 1999 und Herbst 2002 bewährt hat. Im kurzfristigen Bereich kommt der präzisen Voraussage und Vorwarnung immer mehr Bedeutung zu. Für Lawinen hat diese Vorwarnung Tradition, für Unwetter werden Verbesserungen geprüft, resp. bereits realisiert.

Minderungsmassnahmen

Die wichtigsten Massnahmen sind diejenigen, welche auf eine Reduktion der möglichen Ursachen einer Klimaerwärmung hinzielen. Dazu gehören das Durchsetzen der Verminderung von Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen im Verkehr, bei den Haushaltungen (Heizungen), in Industrie und Gewerbe, sowie in der Landwirtschaft und mit Energiesparprogrammen. Definiert werden diese Massnahmen ausschliesslich im Bundesrecht. Massnahmen zur Verlagerung des Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr und Massnahmen zur Reduktion des Transitverkehrs (speziell des LKW-Verkehrs auf der A13) zielen in Richtung vermindern des Energieverbrauches. Die lokale Sicherung der Wasserkraft als Energielieferant und die Förderung des Einsatzes von Alternativenergien (Solar-, Wind und Biomasse-Energie) senken ebenfalls den Verbrauch an fossilen Brennstoffen. Aber auch die Beeinflussung des Verhaltens von uns allen in Richtung Vermeiden von unnötigem Energieverbrauch stellt eine wichtige Aufklärungsmassnahmen dar, die das AfU mit Umweltunterricht an den Schulen, Informationskampagnen und über unsere Homepage www.afu.gr.ch wahrnimmt. Den Gemeinden und Regionen stehen Aktionsprogramme zum Energiesparen und Fördern von Alternativenergien zur Verfügung. Davos und das Albulatal haben das Label "Energiestadt" erworben und St. Moritz nennt sich "Clean Energy" St. Moritz. Mit dem Auswerten von Ereigniskarten und systematischen Risikoanalysen sollen mögliche zukünftige Gefahrenstellen von Naturereignissen frühzeitig erkannt werden. Die Gefahr von Bodenrutschen (Rüfen- oder Muhrgängen) soll dabei mit einer Bodenkartierung besser erfasst werden.

Abwehrmassnahmen

Schlussendlich muss alles vorgekehrt werden, damit im Ereignisfall die Abwehr, Bewältigung und Minderung von Schäden erfolgen kann. Dazu gehört eine dezentral aufgestellte, adequat ausgerüstete Feuerwehr, welche heute zusätzlich zur traditionellen Aufgabe der Hausbrandlöschung im Bewältigen weiteren Gefahren wie Waldbrände, Hochwasser, Naturereignisse, Ereignisse mit Öl- und Chemieprodukten ausgebildet wird. Es braucht aber auch eine ausgebildete und fähige Führungsstruktur in den Gemeinden (Gemeindeführungsstäbe) und im Kanton (kantonale Führungsstruktur) und Experten auf allen Stufen, die gezielt eingesetzt werden können und die die zusätzlichen Mittel des Zivilschutzes und von Armeeeinheiten einsetzen können. Aber auch Instrumente der finanziellen Bewältigung von Ereignissen in Form von Sach- und Einsatzkostenversicherungen müssen aufgebaut sein.

Nur mit einem umfassenden, abgestimmten und vernetzten Konzept von Massnahmen können die Folgen der Klimaerwärmung bewältigt werden und es muss laufend nach Schwachstellen und Verbesserungen gesucht werden.

Übersicht über die am Klimakonzept beteiligten kantonalen Fachstellen und deren Tätigkeiten im Bereich der Massnahmen

Disziplin		Massnahmen	Verantwortung
Messen und Beobachten	**Quantitativ**	Messungen von Meteodaten (Temperatur, Wind etc.)	Meteoschweiz
		Schnee/Niederschlagsmessungen (Schneehöhe, Hochwasser)	SLF Davos, BWG
	Qualitativ	Messungen der Emissionen von Luftschadstoffen	AfU
		Gletscherbeobachtungen	AfW, Universitäten
		Vegetationsbeobachtungen (Waldgrenze, Waldsterben)	AfW, Universitäten
		Permafrostmessungen	Private, Uni's
Prävention (vor Schäden)	**Langfristig**	Gefahrenzonen in der Raumplanung	ARP, GefahrenKo
		Lawinenverbauungen und Schutzwaldpflege	AfW, Gemeinden
		Schutzbauwerke an Strassen	TBA, Gemeinden
		Schutzbauwerke an Bahn	RhB
		Hochwasserschutz an Flüssen	St. Flussbau/TBA BWG
	Mittelfristig	Beschneiungsmassnahmen in Tourismus	Private
	Kurzfristig	Warnung vor Schadstoffen (Ozon, Smog)	AfU
		Lawinenwarnung	SLF, Regionen
		Ereigniswarnung (Grossereignis)	KFS, MeteoSchweiz
Minderungs- und Verbesserungsmassnahmen	**Reduktion der Emissionen an der Quelle**	Massnahmen beim Verkehrsteilnehmer (Katalysator, Partikelfilter)	Bund, AfU
		Massnahmen bei Industriebetrieben (Wäscher, Alternativbrennstoffe)	Private, AfU
		Massnahmen bei Feuerungen (Feuerungskontrolle)	Gemeinden, AfU
		Massnahmen beim ÖV (Pendlerverhalten, Dosiermassnahmen A13 etc.)	St. ÖV, RhB, Betreiber
		Massnahmen in der Landwirtschaft (u.a. bei Güllelagerung und Ausbringung)	ALSV
	Fördern der Wasserkraft und Alternativenergien	Bestandessicherung Wasserkraft	EKW, Staat
		Förderung Alternativenergien (Solar, Wind, Biomasse)	Private, AfE
	Beinflussung des persönlichen Verhalten	Umweltunterricht in der Schule	EKUD, AfU
		Förderung von Umweltpfaden (Klimaweg, Ansaina, Sidharta)	Regionen, Private
		Förderung von Öko-Labels (Energiestadt, Clean energy, Biosphäre)	Gemeinden, Regionen
		Förderung des sanften Tourismus	Anbieter, GRFerien
	Risikoanalysen	Ereigniskarten, systematische Naturgefahrensuche	St. Naturgefahren /AfW
		Kampf gegen Bodenerosion, Bodenkarten	AfU

Disziplin		Massnahmen	Verantwortung
Abwehr-Massnahmen bei Ereignissen	**Eingreifmittel bereitstellen**	Feuerwehr weiterentwickeln zur "Katastrophenwehr" (Wasser, Chemie)	FPA
		Ausrüstung für Katastrophen dezentral lagern (Sandsäcke)	FPA/GVA
		Experten bereithalten in Risikobeurteilung und Schadenabwehr	AfW, FPA, AfU
	Führungsstruktur	Gemeindeführungsstäbe ausbilden	AZK/KFS
		Kantonale Führungsstruktur bereithalten	KFS
		Verbindungsmittel einspielen	AZK
		Subsidiäre Verstärkungseinsätze führen (Armee, Zivilschutz)	AZK, KFS
	Schadenminderung	Versicherungsschutz für Geschädigte	GVA
		Versicherung für Einsatzkostendeckung der Gemeinden	GVA
		Spenden, Solidarität	Bund, Kanton, Private

Beteiligte Fachstellen:

AfE	Amt für Energie
AfU	Amt für Umwelt
AfW	Amt für Wald
ALSV	Amt für Landwirtschaft, Strukturverbesserung und Vermessung
AJF	Amt für Jagd und Fischerei
AZK	Amt für Zivilschutz und Katastrophenhilfe
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie
EKW	Elektrizitätskraftwerke
FPA	Feuerpolizeiamt
GefahrenKo	Gefahrenkommission des Kantons
GRF	Graubünden Ferien
GVA	Gebäudeversicherung des Kantons Graubünden
SLF	Schweiz. Lawinenforschungsinstitut Davos
St. Flussbau	Fachstelle Flussbau im Tiefbauamt
St. Naturgefahren	Fachstelle Naturgefahren im Amt für Wald
St. ÖV	Fachstelle öffentlicher Verkehr
TBA	Tiefbauamt

Die vorliegende Informationsschrift "Klimaerwärmung in Graubünden" wurde verfasst für Vorträge vor der Naturforschenden Gesellschaft des Engadin seit 1998, sowie für einen Vortrag vor der KVU / CCE (Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzamtsstellen der Schweiz) im Nov. 2002. Die Informationsschrift gibt einen Überblick über die Problematik der Klimaerwärmung und deren Einfluss auf den Kanton Graubünden.

Quellen

Amt für Umwelt:	Lufthygienische Untersuchungen im Kanton Graubünden, seit 1989
Bader St., Kunz (1998):	Klimarisiken - Herausforderung für die Schweiz, Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31, v/d/f Hochschulverlag ETHZ
BUWAL (2002):	Das Klima in Menschenhand - neue Fakten und Perspektiven
Bundesamt für Statistik (1997):	Umweltstatistik Schweiz Nr. 7, Klima, Bern, 1997
Burga, C.A. (1985):	Paläoklimatische Auswertung von Bündner Naturchroniken, Geographica Helvetica 1985, Nr.4
Glogger B. (1998):	Heisszeit, Publikation "Nationales Forschungsprogramm 31" (NFP 31), ETHZ
IPCC, 2001:	Intergovernmental Panel on Climat Change, ICPP- Zustandsbericht, 2001
Letsch H. (1997):	Über die Witterungsverhältnisse in Tamins, 1997.
MeteoSchweiz (1999):	Witterungsberichte, Februar und Dezember 1999
MeteoSchweiz (2002):	Pflanzenphänologische Trends in den Schweizer Alpen (1951 bis 2000), C.Defila
Pfister (1999):	Wetternachhersage, 500 Jahre Klimavariation und Naturkatastrophen
ProClim (1998):	Klimaänderung Schweiz, Auswertungen von extremen Niederschlagsereignissen, Uni Bern
SLF, ETH (2002):	Snow and Avalanche Climatology of Switzerland, M.Laternser
Truog G. (1996):	Wetter und Klima in Graubünden, Bündner Kalender 1996

Fotos, Abbildungen:	© Keystone und AfU Graubünden



Der Mensch im Alpenraum und damit auch im Kanton Graubünden hat gelernt, mit extremen Wettersituationen umzugehen und hat seine Nutzungsbedürfnisse erfolgreich den harten Naturbedingungen angepasst. Die heutige Kulturlandschaft zeugt von den jahrhundertelangen Anstrengungen der Bewohner, auch unwirtliche Gebiete als produktiven Lebensraum zu nutzen.

Die sich abzeichnende Klimaänderung wird zur Folge haben, dass sich Politik, Gesellschaft und Wirtschaft der neuen Klimasituation und den veränderten Naturgefahren anpassen müssen.

Die Informationsschrift soll helfen, die aktuellen extremen Witterungsereignisse einzuordnen. Sie dokumentiert den aktuellen Stand der Klimaforschung. Im Klimakonzept Graubünden werden dem Leser aufgezeigt, welche kantonalen Fachstellen in welchen Teilbereichen, die die Klimaänderung betreffen, tätig sind. Zudem werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Bund, Kantone, Gemeinden und jeder einzelne Bürger Beiträge zur Reduktion der Klimagase leisten können.