



Amt für Natur und Umwelt
Uffizi per la natira e l'ambient
Ufficio per la natura e l'ambiente





Klima-Wandel

Klimawandel im Kanton Graubünden

Übersicht über die aktuellen und zukünftigen Aufgaben der kantonalen Verwaltung

Mit Beiträgen von Gemeinden und der Stadt Chur zur CO₂-Reduktion und zu Energiesparmassnahmen

Mai 2009



Impressum

Herausgeber

Amt für Natur und Umwelt
Uffizi per la natira e l'ambient
Ufficio per la natura e l'ambiente

Projektleitung

Peter Baumgartner
Hanspeter Lötscher

Druck

Digitalis Print GmbH, Chur

Papier

PROFIbulk, FSC zertifiziert

Auflage

1'000 Exemplare

Grafik

Moinz Kreativbüro, Chur
Karin Van Bevern

Bildnachweis

www.shutterstock.com
Kantonale Fachstellen

Dank

Ein besonderer Dank gehört allen Fachleuten
aus Wissenschaft und Verwaltung, die beim
Erstellen dieses Berichtes mitgearbeitet haben.

Umwelt-Info

Jahrgang 2009, Nummer 1
Bericht: Klima-Wandel

Editorial

Ich kann mich noch sehr gut erinnern: am Samstag, den 19. Juli 1987 war ich in Poschiavo. Es hatte in den letzten Tagen geregnet, viel geregnet, aber das war nicht so unüblich, als dass man sich Sorgen machen müsste. Am Abend fiel mir aber auf, dass auf den Strassen das Wasser stets anstieg, wie wenn ein Kanalisationsrohr geborsten wäre. Dann wurden daraus Bäche und schliesslich reissende Flüsse, die sich durch die Strassen von Poschiavo ergossen. Und die Katastrophe nahm ihren Lauf.

Im Jahre 1999 blieb der Schnee zu Winterbeginn im Engadin und in den Südtälern weitgehend aus. Im Jahre 2002 kam es zu Hochwasserereignissen in der Surselva, im Jahre 2005 in Klosters und Susch. Im Sommer 2003 und im Frühjahr 2006 wurde unser Land von einer grossen Trockenheit geprägt.

Es wäre abenteuerlich, all diese regionalen Einzelereignisse als Beweis für den globalen Klimawandel zu betrachten. Genauso fahrlässig wäre es aber, diese

Vorfälle als blosse Launen der Natur, ohne weitere Bedeutung, abzutun und zur Tagesordnung über zu gehen. Der Kanton Graubünden hat rasch und ämterübergreifend auf diese Vorkommnisse reagiert, und erste Analysen in die Wege geleitet: das Amt für Natur und Umwelt hat einen ersten Bericht „Klimaerwärmung in Graubünden“ erarbeitet, und im Amt für Wald sind die Aktivitäten zur Beurteilung der Auswirkungen von Naturgefahren in einer neu geschaffenen Stelle „Gefahrenprävention“ konzentriert worden. Zwar hat und hatte man schon früher Erfahrung mit Hochwasser, Lawinen und Murgängen; auch besitzt der Kanton zweifellos grosse Kompetenzen bei der Errichtung von Schutzbauten und in der Pflege des Schutzwaldes. Heute müssen wir uns aber der viel umfassenderen Frage stellen, was ein Temperaturanstieg von 2 bis 4 Grad für Folgen für unseren Kanton hätte, und wie wir mit lokalen, kantonalen, nationalen und internationalen Massnahmen diese Folgen verhindern oder wenigstens vermindern können.

Im Programm 2009 – 2012 räumt die Regierung dem Klimawandel einen hohen Stellenwert ein und untermauert dies mit dem Leitsatz: „Dem Klimawandel soll mit einer aktiven Haltung auf regionaler und lokaler Ebene begegnet werden“. Mit der Anpassung bestehender Schutz- und Vorsorgemassnahmen soll unser Lebensraum nachhaltig gesichert werden, wobei der Frühwarnung von Naturkatastrophen nach wie vor ein grosser Stellenwert zugemessen wird.

Der vorliegende Bericht „Klima-Wandel 2009“ soll bei uns allen das Bewusstsein schärfen, dass die Auseinandersetzung mit der Natur und der Umwelt, und insbesondere dem Klimawandel, für uns alle wichtig und richtig ist.



Claudio Lardi

Claudio Lardi, Regierungsrat
Vorsteher des Erziehungs-, Kultur- und Umweltschutzdepartementes

Editorial

Jau ma poss anc regurdar fitg bain: la sonda, ils 19 da fanadur 1987, era jau a Puschlav. Ils dis precedents avevi pluvi – pluvi fitg –, ma quai n'era betg uschè nunusità ch'ins avess stuì far quitads. La saira m'èsi dentant dà en egl che l'aua sin las vias creschiva d'in cuntin, sco sch'ina chanalisaziun fiss schluppada. Alura èn sa furmads auas e la finala flums vehements che sa derschewan tras las vias da Puschlav. E la catastrofa ha cumenzà.

L'onn 1999 n'hai per gronda part gi nagina naiv il cumenzament da l'enviern in Engiadina ed en las vals dal sid. L'onn 2002 hai dà auas grondas en Surselva, l'onn 2005 a Claustra ed a Susch. La stad 2003 e la primavaira 2006 è noss pajais vegnì tutgà d'ina gronda sitgira.

I fiss ristgà da considerar tut quests eveniments regiunals singuls sco cumprova per la midada globala dal clima. Gist

uschè malprecaut fissi dentant da simplamain attribuir quests eveniments a las lunas da la natira, senza impurtanza pli gronda, e da sa deditgar a la vita da mintgadi. Il chantun Grischun ha reagì svelts sin quests eveniments, cumpigliand plirs uffizis, ed ha instradà emprimas analisas: l'uffizi per la natira e l'ambient ha elavurà in emprim rapport davart la stgaudada dal clima en il Grischun, e tar l'uffizi forestal èn las activitads per giuditgar las consequenzas dals privels da la natira vegnidas concentradas en il nov post per la prevenziun cunter privels. Bain han ins – ed avevan ins gia pli baud – experientschas cun auas grondas, cun lavinas e cun bovas; il chantun ha er senza dubi grondas cumpetenzas en la construcziun dad obras da protecziun ed en la tgira dal gaud da protecziun. Oz stuain nus dentant ans tschentar la dumonda bler pli cumplexiva, tge consequenzas ch'in augment da la temperatura da 2 fin 4 grads avess per

noss chantun e co che nus pudain impedir u almain reducir questas consequenzas cun mesiras localas, chantunalas, naziunalas ed internaziunalas.

En ses program 2009 – 2012 dat la regenza ina gronda impurtanza a la midada dal clima e consolidescha quai cun la devisa: „A la midada dal clima duai vegnir fatg frunt cun ina tenuta activa sin plaun regiunal e local“. Tras l'adattaziun da las mesiras da protecziun e da prevenziun existentas duai noss spazi da viver vegnir segirà en moda persistente, e quai cun dar er vinavant ina gronda impurtanza al preavertiment da catastrofes da la natira.

Il rapport qua avant maun cun il titel „Midada dal clima 2009“ duai render nus tuts pli conscients dal fatg ch'igl è impurtant e correct per nus tuts da sa fatschentar cun la natira e cun l'ambient ed en spezial cun la midada dal clima.



Claudio Lardi, cusseglier guvernativ
schef dal departament d'educaziun, cultura e protecziun da l'ambient

Editoriale

Me ne ricordo perfettamente: sabato, 19 luglio 1987 mi trovavo a Poschiavo; durante gli ultimi giorni era piovuto, anzi, piovuto parecchio, ma non in modo tale da destare preoccupazioni. Verso sera però mi resi conto che l'acqua continuava a salire nelle strade come se da qualche parte si fosse rotta la canalizzazione. Le portate d'acqua si trasformarono in ruscelli, poi in fiumi impetuosi che inondarono le strade di Poschiavo. E così la tragedia prese il via.

Nel 1999 la neve si faceva in gran parte aspettare inutilmente in Engadina e nelle Valli. Nel 2002 si verificarono i fenomeni di piena nella Surselva, nel 2005 a Klosters e a Susch. Nell'estate del 2003 e durante la primavera del 2006 il nostro Paese rimase colpito da un periodo di estrema siccità.

Sarebbe avventuroso voler considerare questi fenomeni individuali di alcune regioni a prova del cambiamento globale del clima. D'altra parte invece pecche-

remmo di leggerezza se volessimo ridurre questi eventi a semplici capricci della natura senza alcun'importanza e tornare all'ordine del giorno.

Il Cantone dei Grigioni ha reagito con rapidità e, superando i confini cantonali, sono state effettuate prime analisi in materia: l'Ufficio per la natura e l'ambiente ha elaborato il suo primo rapporto sotto il titolo di "Cambiamento del clima nei Grigioni" e presso l'Ufficio forestale le attività destinate a valutare le ripercussioni dei pericoli della natura sono state concentrate in un posto di lavoro per la "Prevenzione dei pericoli". E' vero che non siamo né eravamo allora privi di esperienza in fatto di piene, valanghe e frane; il Cantone vanta inoltre senza dubbio una notevole competenza quando si tratta di erigere opere di protezione e curare i boschi protettori. Al giorno d'oggi comunque dobbiamo porci una domanda ben più globale e complessa: quali effetti avrebbe un aumento della temperatura tra i 2 e i 4 gradi per il nostro Cantone e come possiamo prevenire o

per lo meno ridurre tali effetti adottando provvedimenti a livello locale, cantonale, nazionale e internazionale.

Nel suo programma 2009 – 2012 il Governo ha attribuito un'elevata importanza al cambiamento del clima, appellandosi al principio che "il cambiamento del clima doveva essere affrontato con atteggiamento attivo a livello regionale e locale". L'adeguamento delle esistenti misure di protezione e prevenzione avrà il compito di garantire durevolmente il nostro spazio vitale, attribuendo anche in avvenire un notevole valore indicativo ai sistemi di segnalazione tempestiva nel caso di catastrofi della natura.

Il presente rapporto sul "Cambiamento del clima 2009" deve rinforzare in ognuno di noi la consapevolezza che occuparsi della natura e dell'ambiente, e in particolare del cambiamento del clima, è importante e giusto per tutti.



Claudio Lardi, Consigliere di Stato
Capo del Dipartimento dell'educazione, cultura e protezione dell'ambiente

Inhalt



Klimapolitik



Luftschadstoffe und Treibhausgase



Wassernutzung und Hochwasserschutz

1. Klimapolitik von Bund und Kanton

Entwicklung der Klimapolitik des Bundes 16

Die Klimapolitik des Kantons 17

Zukünftige Weiterentwicklung der Klimapolitik 18

2. Massnahmen zur Reduktion von Luftschadstoffen und Treibhausgasen

Luftqualität 24

CO₂-Reduktion durch Energieeffizienzsteigerungen 28

Schutz der Ozonschicht 30

Ozonschicht zerstörende Stoffe 32

3. Wassernutzung, bäuerliche Bewässerung, Hochwasserschutz

Klimawandel und Abflussverhältnisse in Bächen und Flüssen 38

Klimawandel und Landwirtschaft 42

Auswirkungen der Klimaveränderung auf den wasserbaulichen Hochwasserschutz 48



Fauna und Flora



Raumentwicklung und Naturgefahren



Beiträge von Gemeinden

4. Risiken der Klimaveränderung für Fauna und Flora

Entwicklung des Ökosystems Wald	56
Risiken der Klimaerwärmung für die Fischfauna und das Wild	62
Beobachtungen aus der Tier- und Pflanzenwelt	68

5. Einfluss der Klimaänderung auf Raumentwicklung und Naturgefahren

Raumentwicklung und Klimaänderung	76
Klimaänderung und Naturgefahren	82
Die Pioniergemeinde Pontresina im Umgang mit Permafrost	90
Klimawandel und Boden	94

6. Energiesparmassnahmen und Beiträge zur CO₂-Reduktion in Gemeinden

Bilanzierung und Reduktion der CO ₂ -Emissionen in Davos	102
Fernwärmeprojekt Chur	106
St. Moritz - Clean Energy	108
Energiestadt	110

Klimapolitik



1. Klimapolitik von Bund und Kanton

- 1.1 Entwicklung der Klimapolitik des Bundes
- 1.2 Die Klimapolitik des Kantons
- 1.3 Zukünftige Weiterentwicklung der Klimapolitik



Die Schweiz orientiert sich in ihrer Klimapolitik an der von nahezu allen Staaten ratifizierten Klimakonvention und am Protokoll von Kyoto. Mit letzterem verpflichtet sich die Staatengemeinschaft zu verbindlichen Begrenzungszielen für ihre Treibhausgasemissionen – vorab der CO₂-Emissionen.

Die Schweiz will das vereinbarte Reduktionsziel mit einem Mix aus verschiedenen Massnahmen erreichen. Beispielsweise lässt sich der Ausstoss an CO₂ durch Energiesparmassnahmen effizient kontrollieren und reduzieren. Somit ist die Klimapolitik sehr eng mit der Energiepolitik verknüpft.

Der Kanton Graubünden trägt diesem Zusammenhang Rechnung, indem die Wärmedämmung bei Gebäuden und der öffentliche sowie der Langsamverkehr gefördert und Anreizsysteme wie die emissionsabhängige Verkehrssteuer zur Förderung sparsamer Autos geschaffen werden.

Ein Ausdruck und eine Folge der Erderwärmung und damit der Klimaveränderung sind die Naturgefahren, welche mit zunehmender Wahrscheinlichkeit und Intensität auftreten und die Bevölkerung sowie die Verkehrswege bedrohen. Der Kanton will mit Frühwarnsystemen und Schutzbauten diesen Gefahren begegnen.



1. Politica dal clima da la confederaziun e dal chantun

- 1.1 Svilup da la politica dal clima da la confederaziun
- 1.2 La politica dal clima dal chantun
- 1.3 Svilup futur da la politica dal clima

En sia politica dal clima s'orientescha la Svizra a la convenziun dal clima, ch'è vegnida ratifitgada da bunamain tut ils stadis, sco er al protocol da Kyoto. Cun il protocol da Kyoto s'oblighescha la communitad internaziunala d'observar finamiras da limitaziun liantas areguard lur emissiuns da gas cun effect da serra, cunzunt areguard lur emissiuns da CO₂.

La Svizra vul cuntanscher la finamira da reducciun da la curvogna tras ina maschaida da differentas mesiras. Per exempel sa lascha l'emissiun da CO₂ controllar e reducir en moda effizienta tras mesiras per spargnar energia. La politica dal clima ha pia in stretg connex cun la politica d'energia.

Il chantun Grischun tegna quint da quest connex cun promover tant l'isolaziun termica dals edifizis sco er il traffic public ed il traffic betg motorisà, e plinavant cun crear systems d'impuls sco la taglia da traffic dependenta da las emissiuns che duai promover autos spargnus.

Ina manifestaziun ed ina consequenza da la stgaudada da la terra ed uschia da la midada dal clima èn ils privels da la natira che sa preschentan cun ina probabilitad e cun ina intensitad adina pli gronda e che periclitteschan la populaziun sco er las vias da traffic. Il chantun vul far frunt a quests privels cun systems da preavertiment e cun ovras da protecziun.





1. La politica climatica della Confederazione e del Cantone

- 1.1 Lo sviluppo della politica climatica della Confederazione
- 1.2 La politica climatica del Cantone
- 1.3 Lo sviluppo futuro della politica climatica

La Svizzera, per quanto attiene alla sua politica climatica, si orienta verso la Convenzione climatica ormai ratificata da quasi tutti gli Stati e il Protocollo di Kyoto. Aderendo a quest'ultimo la Comunità degli Stati s'impegna a osservare gli obiettivi obbligatori per la riduzione delle loro emissioni di gas a effetto serra – in primo luogo delle loro emissioni di CO₂.

La Svizzera si prefigge di realizzare l'obiettivo stabilito tramite un misto di provvedimenti diversi. L'emissione di CO₂ per esempio può essere efficientemente controllata e ridotta risparmiando sul consumo di energia. Pertanto la politica climatica è strettamente collegata a quella energetica.

Il Cantone dei Grigioni tiene conto di tale connessione, promuovendo l'isolamento termico degli edifici nonché il trasporto pubblico e quello lento, creando inoltre incentivi quali l'imposta sul traffico calcolata sulla quantità di emissioni prodotte, al fine di promuovere l'acquisto di automobili a basso consumo di carburante.

Il riscaldamento della terra e quindi il cambiamento del clima trovano la loro espressione nei pericoli della natura che si presentano con crescente frequenza e intensità, minacciando la popolazione e le vie del traffico. Il Cantone intende affrontare tali pericoli con sistemi d'allarme precoci e opere di protezione.





1.1 Entwicklung der Klimapolitik des Bundes

Peter Baumgartner, Amt für Natur und Umwelt

Jede Klimastrategie muss sich daran messen lassen, ob und um wie viel der Ausstoss an Treibhausgasen (u.a. CO₂) reduziert wird. Erste Veröffentlichungen des Bundes zur Klimapolitik¹⁾ lassen sich leiten von den im Rahmen des Kyotoprozesses²⁾ vereinbarten Verpflichtungen der Industriestaaten, die an Treibhausgasen emittierte Menge nicht nur zu stabilisieren, sondern auch zu reduzieren. Die dazu notwendigen Massnahmen umfassen sowohl Vorschriften und Grenzwerte als auch Anreize zu richtigem Verhalten. Emissionsreduktion und Energiepolitik stehen in engem Zusammenhang, weshalb das Aktionsprogramm „Energie 2000“³⁾ als frühes klimarelevantes Massnahmenprogramm des Bundes bezeichnet werden kann.

Als weitere Instrumente hat der Bund das CO₂-Gesetz⁴⁾ in Kraft gesetzt, mit dem erklärten Ziel, die CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung fossiler Energieträger bis zum Jahr 2010 gegenüber 1990 gesamthaft um 8% zu vermindern. Für fossile Brennstoffe wird dazu eine CO₂-Abgabe und auf Treibstoffe für Motorfahrzeuge der Klimarappen⁵⁾ erhoben. Dieser wird durch die Stiftung Klimarappen zielgerichtet auf Projekte im In- und Ausland eingesetzt, die den CO₂-Ausstoss reduzieren. Dabei sollen bis 2012 neun Millionen Tonnen eingespart werden, davon mindestens 10% im Inland. Die Lenkungswirkung soll auf zwei Schienen erfolgen: einerseits soll die Verteuerung den sparsamen Konsum bewirken und andererseits sollen durch die Verwendung der Mittel, mindestens für einen Teil der Geldmenge, CO₂-freie Energiequellen gefördert werden. Für andere Treibhausgase soll der Ausstoss in die Atmosphäre durch Verbot, Limitierung der Anwendung oder Substitution⁶⁾ vermindert werden.

Als weitere Massnahme hat der Bund den Aktionsplan gegen Feinstaub von 2006⁷⁾ in Kraft gesetzt, welcher

Bestandteil der Klimapolitik ist, indem die diversen Massnahmen wie die Förderung des Einsatzes von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen auch der Erwärmung der Atmosphäre entgegenwirken. Die Diskussion um das Verhalten des Bundes bei Verfehlen der Zielerreichung ist noch nicht abgeschlossen. Auch die Ziele der Klimapolitik ab 2012 müssen beschlossen werden. Das federführende Departement UVEK schlägt eine weitere jährliche CO₂-Reduktion von 1.5% pro Jahr vor. Damit würde 2020 der Stand von 1990 minus 20% erreicht, was im Mittel den Zielen der EU-Staaten entsprechen würde⁸⁾. Eine Variante sieht die Verstärkung resp. Verschärfung der Massnahmen im Inland vor, d.h. höhere Lenkungsabgaben und strengere Grenzwerte, z.B. auch für ältere Geräte und Anlagen. Eine andere will das Problem eher global angehen mit dem Kauf von Emissionszertifikaten zur Förderung von Projekten vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern, die den Ausstoss an CO₂ reduzieren. Erstere wird als teurer aber mit mehr Vorteilen für die Binnenwirtschaft verbunden eingestuft, letztere als global gesehen effizienter.



Klimapolitik ist Energiepolitik: Energieverluste vermeiden, mehr Energieeffizienz erreichen, fossile Brennstoffe substituieren.

1.2 Die Klimapolitik des Kantons

Peter Baumgartner, Amt für Natur und Umwelt

Bezüglich Klimapolitik des Kantons ist vorab festzuhalten, dass alle Einwohner und Feriengäste von den Massnahmen des Bundes direkt betroffen sind. Viele der Bundesmassnahmen wirken erst, wenn diese durch den Kanton bekannt gemacht, umgesetzt und kontrolliert werden. Hier kommt dem Amt für Natur und Umwelt eine wichtige Rolle zu. Wir denken da an die konsequente Umsetzung der Feuerungskontrolle in den Haushaltungen, an die Kontrolle und Begrenzung der Emissionen bei Industrie und Gewerbe, bei Fahrzeugen mittels Abgastest, an die Bewilligung von Wärmepumpen sowie an Verkehrslenkungsmassnahmen. Formell ist eine Reihe von Massnahmen im Lufthygiene-Massnahmenplan festgelegt, der 1992 erstmals erlassen und 2006 aktualisiert wurde.

Dazu kommen die im Energiegesetz⁹⁾ festgeschriebenen Förderbeiträge, die vom Amt für Energie und Verkehr bewirtschaftet und für Wärmedämmmassnahmen, Holzenergienutzung und Solaranlagen ausbezahlt werden.



Klimapolitik ist Luftreinhaltepolitik: Emissionen vermindern, Schadstoffe vermeiden.

Wie im nachfolgenden Berichtsteil aufgezeigt wird, sind alle Amtsstellen, die im Raum Graubünden und in dessen Umwelt tätig sind, in ihren Aktivitäten in vielfältiger Weise vom Klimawandel betroffen und haben gelernt, sich mit den Auswirkungen auseinander zu setzen. Somit wird ein Bergkanton, der von Auswirkungen der Klimaänderung rasch, direkt und massgeblich betroffen wird, automatisch zu einem Kompetenzzentrum in Klimafragen.

Der Kanton betreibt aktiv Messsysteme für die physikalischen Parameter, die vom Klima beeinflusst sind wie Temperaturen, Grundwasserstände, Niederschlags- und Abflussmengen der Gewässer und Luftqualität; d.h. er verfügt über ein kompetentes Umweltmonitoring. Die Trends werden analysiert und die erforderlichen Massnahmen abgeleitet. Die Resultate sind für die interessierte Öffentlichkeit auf der Homepage www.umwelt-gr.ch einsehbar. Bereits 2003 wurde ein erster zusammenfassender Bericht zur Klimaänderung in Graubünden veröffentlicht¹⁰⁾. Auch 2009 wurde diesbezüglich ein Expertenbericht bei MeteoSchweiz eingeholt¹¹⁾.

Der Klimawandel ist in den letzten Jahren auch regelmässiges Thema der Politik, wie der Überblick über parlamentarische Vorstösse mit Klimarelevanz im Grosse Rat aufzeigt¹²⁾: sie betreffen die Klimaerwärmung und deren Implikationen auf den Kanton, den Beitrag des Kantons zu einer konsequenten Klimapolitik und die Aufhebung von Bestimmungen in Gesetzen und Verordnungen, die den Treibhausgasausstoss fördern.

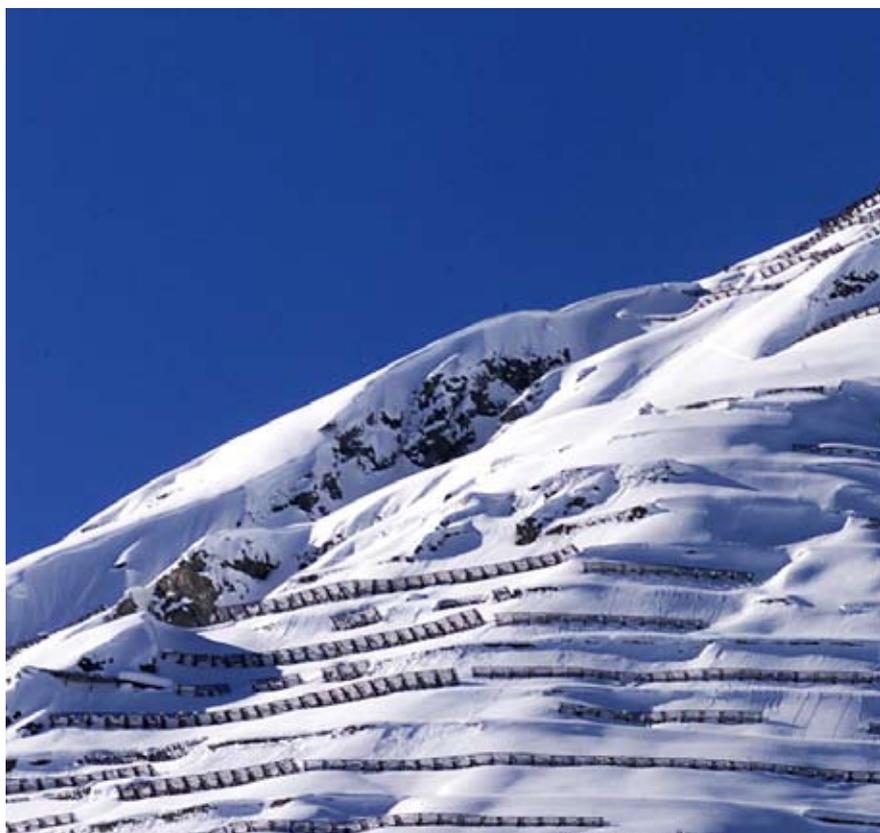


1.3 Zukünftige Weiterentwicklung der Klimapolitik

Peter Baumgartner, Amt für Natur und Umwelt

Die Regierung hat im Regierungsprogramm 2009 bis 2012¹³⁾ beschlossen, dem Klimawandel aktiv zu begegnen. Sie hält dazu in einem Leitsatz fest: „Obwohl die Erwärmung der Atmosphäre, extreme Wetterlagen und als Folge davon Schadenereignisse auf grossräumige Zusammenhänge zurückzuführen sind, muss dem Klimawandel mit einer aktiven Haltung auf regionaler und lokaler Ebene begegnet werden. Schutzvorkehrungen gegen überbordende Naturgewalten und die Verminderung der Luftschadstoffe sind das eine, die angepasste Nutzung klimarelevanter Gebiete das andere. Namentlich der Tourismus kann mit veränderten Angeboten auf den Klimawandel eingehen. Wasser als eines der kostbarsten Güter im Wasserschloss Alpen ist nachhaltig zu bewirtschaften. Der autonomen Bestimmung über die Ressource stehen der verantwortungsvolle Umgang und die länderübergreifende Koordination der verschiedenen Nutzungen gegenüber“. Konkret gefördert werden die folgenden strategischen Absichten: Der Lebensraum muss durch die Anpassung bestehender Schutz- und Vorsorgemassnahmen nachhaltig gesichert werden, und eine gut ausgebaute Frühwarnung soll den Schutz vor Naturkatastrophen erhöhen. Identifizierte Potenziale zu mehr Energieeffizienz und zur Substitution mit erneuerbaren oder alternativen Energien sollen verstärkt genutzt werden. Die Erhöhung des ökologisch vertretbaren Ausbaus der Stromproduktion aus Wasserkraft und die Erneuerung bestehender Anlagen sollen gefördert werden. Wasser als eines der kostbarsten Güter soll nachhaltig und koordiniert bewirtschaftet werden, d.h. Wasserentnahmen und Abflussmengen sind im Interesse der Nutzung und Gefahrenprävention zu kontrollieren. Darüber hinaus sollen mit der Förderung des lokalen und regionalen Einsatzes von Technologien zum Schutz der Umwelt belastende Auswirkungen aus dem Verhalten der Gesellschaft reduziert werden. Für konkrete Massnahmen sind substantielle Mehrausgaben budgetiert.

Insgesamt kann in der Schweiz das Stagnieren der Gesamtemissionen der Treibhausgase festgestellt werden mit Reduktionen im Bereich der Brennstoffe, den freiwilligen Massnahmen der Industrie, den rückläufigen Emissionen der Landwirtschaft, jedoch einer signifikanten Zunahme beim Verkehr¹⁴⁾. Für Graubünden ist, wegen der besonderen Betroffenheit durch den Klimawandel und aufgrund der Chance auf eine Vorbildfunktion, eine Entwarnung nicht angesagt. Die soeben beschlossene Ermässigung der Verkehrssteuer¹⁵⁾ von Motorfahrzeugen mit geringem CO₂-Ausstoss, welches deren Verbreitung fördern soll, setzt dabei am richtigen Ort an.



Klimapolitik ist Prävention: Schutz vor Naturgefahren, Schutz der Verbindungsachsen und Ortschaften; Bild: Lawinerverbauungen am Schiahorn ob Davos.



Literatur

- 1) BUWAL, „Globale Erwärmung und die Schweiz – Grundlage einer nationalen Strategie“, 1994.
- 2) Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED), 1992.
- 3) Energie 2000, Bundesbeschluss von 1990.
- 4) Bundesgesetz über die Reduktion der CO₂-Emissionen (CO₂-Gesetz), SR 641.71.
- 5) www.stiftungsklimarappen.ch
- 6) Änderung der Stoffverordnung (StoV) von 1991, SR 814.013.91.
- 7) BAFU, *Pressemitteilung* vom 16.06.2006.
- 8) BAFU, *Pressemitteilung* vom 05.12.2008.
- 9) Energiegesetz des Kantons Graubünden (BEG), BR 820.200.
- 10) Amt für Umwelt, „Klimaerwärmung in Graubünden“, 2003.
- 11) MeteoSchweiz, „Klimabericht Kanton Graubünden“, *Arbeitsbericht (Nr. 228)*, 2009.
- 12) Anfr. Geisseler betreffend Klimaerwärmung und deren Implikationen auf den Kanton (*GRP 1/07*); Anfr. Pfenninger betr. Beitrag des Kantons zu einer konsequenten Klimapolitik (*GRP 1/07*); Auftrag Thöny betr. Aufhebung von Bestimmungen in Gesetzen und Verordnungen, die den Treibhausgasausstoss fördern (*GRP 4/08*).
- 13) Bericht über das Regierungsprogramm und den Finanzplan für die Jahre 2009 – 2012.
- 14) OcCC/ProClim, „Klimaänderung und die Schweiz 2050“, 2007.
- 15) Verordnung zum Einführungsgesetz zum BG über den Strassenverkehr (RVzEGzSVG), BR 870.110.

Luftschadstoffe und Treibhausgase



2. Massnahmen zur Reduktion von Luftschadstoffen und Treibhausgasen

- 2.1 Luftqualität
- 2.2 CO₂-Reduktion durch Energie-Effizienzsteigerungen
- 2.3 Schutz der Ozonschicht
- 2.4 Ozonschicht zerstörende Stoffe



Der Mensch hat durch seine Aktivitäten die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert. Die zunehmende Industrialisierung und Motorisierung setzte und setzt gigantische Mengen an Luftschadstoffen und Treibhausgasen frei. Von besonderer Bedeutung sind dabei das Kohlendioxid CO₂, die lungengängigen Feinstaubpartikel PM10 und die Stickoxide NO_x, welche zur Bildung des troposphärischen Ozons beitragen.

Eine Drosselung oder gar eine Reduktion des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen und chemischen Produkten schont die Energieressourcen und verbessert die Luftqualität. Somit ist Energiesparen sowohl Klimaschutz als auch Luftreinhaltung. Der Kanton Graubünden fördert deshalb den Einsatz sparsamer und nachhaltiger Energieformen. Er leistet Beiträge an Gebäudesanierungen und Nutzungsgradverbesserungen und fördert erneuerbare Energien.

Wärmepumpen senken den Verbrauch von fossilen Brennstoffen zu Heizzwecken. Sie reduzieren damit den CO₂-Ausstoss. Wärmepumpen benötigen jedoch Kältemittel als Arbeitsflüssigkeit. In der Vergangenheit wurden oft Kältemittel eingesetzt, welche beim Austreten in die Atmosphäre die Ozonschicht (stratosphärisches Ozon) zersetzen. Derartige Substanzen sind heute verboten und werden sukzessive ersetzt, so dass sich weltweit eine Erholung der schützenden und lebenswichtigen Ozonschicht abzeichnet.

2. Mesiras per reducir las substanzas nuschaivlas en l'aria ed ils gas cun effect da serra

- 2.1 Qualitad da l'aria
- 2.2 Reducziun dal CO₂ cun spargnar energia
- 2.3 Protecziun da la stresa d'ozon
- 2.4 Materias che destrueschan la stresa d'ozon

Tras sias activitads ha l'uman midà la cumposiziun da l'atmosfera. L'industrialisaziun e la motorisaziun, ch'èn creschidas d'in cuntin, han produci e produceschan quantitats enormas da substanzas nuschaivlas en l'aria e da gas cun effect da serra. D'ina impurtanza speziala èn en quest connex il diossid carbonic CO₂, la pulvra fina respirabla PM10 ed ils oxidis da nitrogen NO_x ch'èn la culpa che l'ozon troposferic sa furma.

Sch'il consum da carburants fossils e da products chemics vegn franà u schizunt reduci, vegnan schanegiadadas las resursas d'energia e vegn meglierada la qualitad da l'aria. Spargnar energia è pia tant protecziun dal clima sco er mantegniment da l'aria pura. Il chantun Grischun promova perquai l'applicaziun da furmas d'energia spargnudas e persistentas. El paja contribuziuns a sanaziuns d'edifizis ed a meglieraziuns dal grad d'utilisaziun e promova energias regenerablas.

Pumpas da chalur sminueschan la quantidad da carburants fossils che vegnan duvrads per stgaurar. Ellas reduceschan pia las emissiuns da CO₂. Pumpas da chalur dovran dentant schelentaders sco med dielectric. En il passà èn savens vegnids duvrads schelentaders cun substanzas che destrueschan la stresa d'ozon (ozon stratosferic), cur ch'ellas sortan en l'atmosfera. Talas substanzas èn scumandadas oz e vegnan remplazzadas successivamain, uschia ch'in restabiliment da la stresa d'ozon – che ans protegia e ch'è existenziala per nus – sa fa valair sin l'entir mund.



2. I provvedimenti per la riduzione degli inquinanti atmosferici e i gas a effetto serra

- 2.1 La qualità dell'aria
- 2.2 La riduzione di CO₂ tramite un aumento energetico efficiente
- 2.3 La protezione dello strato di ozono
- 2.4 Sostanze che distruggono lo strato d'ozono

Mediante le proprie attività l'uomo ha modificato la composizione dell'atmosfera. L'aumento dell'industrializzazione e della motorizzazione ha liberato e libera tuttora quantità gigantesche di inquinanti atmosferici e gas a effetto serra. Tra quest'ultimi, sono di particolare importanza l'anidride carbonica CO₂, le particole di polvere sottile PM10 che penetrano nei polmoni e gli ossidi di azoto NO_x che contribuiscono alla formazione dell'ozono troposferico.

Il contenimento o addirittura la riduzione del consumo di combustibili fossili e di prodotti chimici risparmia le fonti di energia e migliora la qualità dell'aria. Il Cantone dei Grigioni pertanto promuove l'impiego di forme economiche e sostenibili di energia. Esso versa contributi al risanamento di edifici e promuove le energie rinnovabili.

Le pompe termiche riducono l'uso dei combustibili fossili usati per il riscaldamento, riducendo in tal modo anche l'emissione di CO₂. Tali pompe richiedono tuttavia refrigeranti come liquidi per il funzionamento. In passato spesso si usavano refrigeranti che al momento di penetrare nell'atmosfera scomponevano lo strato dell'ozono (ozono stratosferico). Oggi tali sostanze sono vietate e vengono successivamente sostituite, di modo che nell'intero mondo si sta delineando la ricostituzione dello strato d'ozono protettivo e vitale.



2.1 Luftqualität

Hanspeter Lötscher, Amt für Natur und Umwelt

Übersicht

Während Jahrtausenden blieb die Zusammensetzung unserer Atmosphäre praktisch unverändert. Als ausgewogenes Gasgemisch wird die Luft den Bedürfnissen von Menschen, Tieren und Pflanzen gleichermaßen gerecht. Aufgrund seiner Aktivitäten hat der Mensch schon immer auf die Zusammensetzung der Luft eingewirkt. Das globale Gleichgewicht ist jedoch erst seit jüngerer Zeit gestört. Gründe dafür sind die rasche Zunahme der Motorisierung, der stark ansteigende Verbrauch fossiler Brennstoffe sowie die Freisetzung neuer Stoffe aus chemischen Prozessen. Luftschadstoffe werden von Kaminen und Auspuffrohren ausgestossen oder durch Verdampfen,

Abrieb oder Aufwirbelung freigesetzt (Emissionen). Die Schadstoffe vermischen sich mit der Luft und werden von Luftströmungen verfrachtet (Transmission). Während dieses Transportes können die Stoffe durch Einwirkung von Strahlung oder durch Reaktion mit anderen Schadstoffen chemisch und physikalisch umgewandelt werden und so neue Schadstoffe bilden (beispielsweise Ozon oder sekundärer Feinstaub). Die mit der Luft vermischten und verdünnten Schadstoffe treffen schliesslich als Immissionen auf Menschen, Pflanzen, Tiere, Böden, Gewässer und Materialien und können dort ihre schädlichen Wirkungen entfalten.



Die Luftverschmutzung schädigt unsere Gesundheit. Betroffen sind vor allem Kinder und ältere Leute. Das ANU misst die Luftbelastung, informiert die Bevölkerung und zeigt Massnahmen zur Reduktion der Luftbelastung auf.



Die wichtigsten Luftschadstoffe

Die hauptsächlichsten Problemschadstoffe sind Stickoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Ammoniak (NH_3) sowie lungengängiger Feinstaub (PM10) und Ozon (O_3). NO_x führen zur Versauerung und Überdüngung natürlicher Ökosysteme wie Moore und Wälder sowie zur Bildung sekundärer Partikel (PM10). Zudem trägt das NO_x zur Ozonbildung bei. Hauptverursacher des NO_x sind der motorisierte Verkehr und Grossfeuerungen.

NMVOC tragen zur Bildung von Ozon und sekundären Partikeln bei. Ozon ist ein Reizgas, das in hohen Konzentrationen zu Atemwegserkrankungen führt. Hauptverursacher der NMVOC sind die Industrie und das Gewerbe.

NH_3 trägt wesentlich zur Überdüngung natürlicher Ökosysteme und zur Bildung sekundärer Partikel bei. Hauptverursacher ist die Landwirtschaft.

PM10 trägt zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei und führt zu vorzeitigen Todesfällen. Besonders giftig sind die krebserregenden Bestandteile aus Abgasen von Dieselmotoren oder aus der Holzverbrennung. Hauptverursacher von PM10 sind in der Land- und Forstwirtschaft die eingesetzten Maschinen, der motorisierte Verkehr, die Feuerungen sowie die Industrie und das Gewerbe.

CO_2 ist kein Luftschadstoff, sondern ein Treibhausgas. Bei allen Verbrennungsprozessen wird CO_2 freigesetzt. Die Reduktion von Luftschadstoffen - beispielsweise durch die Optimierung von Heizprozessen oder durch Energiesparmassnahmen - trägt auch dazu bei, die CO_2 -Emissionen zu reduzieren. Luftreinhaltepolitik ist deshalb auch Klimapolitik (siehe Kap.1).

PM10- und CO_2 -Emissionen im Kanton Graubünden, 2005
Quellengruppen in %, Emissionen total: 651 t PM10 und 2 Mio. t CO_2

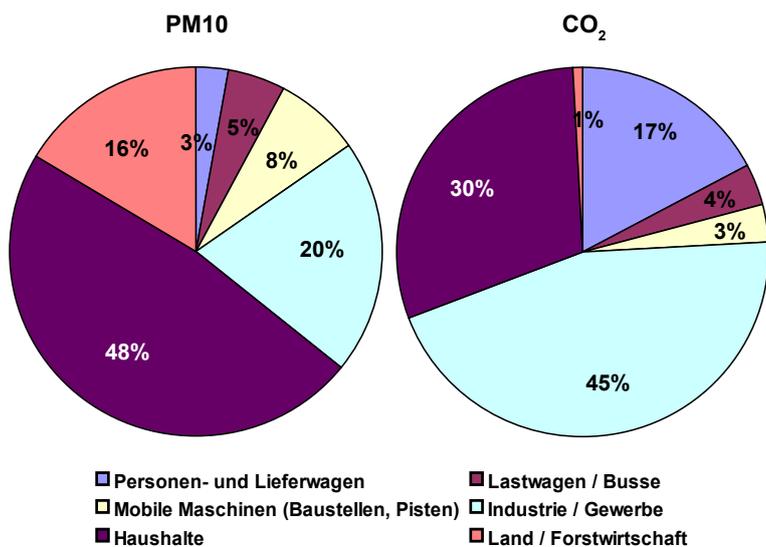


Abb. 2.1: Feinstaub (PM10)- und CO_2 -Emissionen im Kanton Graubünden (Stand 2005). Mehrere Quellengruppen sind für die Luftbelastung verantwortlich, je nach Luftschadstoff variieren deren Beiträge stark, Daten ANU.

Die Luftverschmutzung im Kanton Graubünden

Anzeichen von Luftverschmutzung sind nicht nur rauchende Kamine oder Abgase aus Auspuffrohren. Auch wenn der Himmel blau ist, und die menschliche Nase nichts Ungewöhnliches feststellt, können Luftschadstoffe in schädlichem Ausmass vorhanden sein. Deshalb wird die Zusammensetzung der Luft durch das ANU kontinuierlich überwacht und analysiert. Die Luftbelastung wird anhand der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) beurteilt. Im Kanton Graubünden werden heute die Grenzwerte von Schwefeldioxid (SO_2), Kohlenmonoxid (CO), sowie für Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Zink (Zn) im Feinstaub und Staubniederschlag weitgehend eingehalten. Die Stickstoffdioxid (NO_2)-Grenzwerte werden

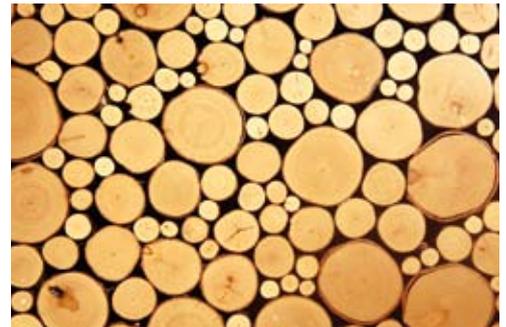


dagegen entlang von den verkehrsreichen Strassen überschritten. Massiv überschritten werden die Immissionsgrenzwerte von Ozon (O_3) und Feinstaub (PM10) vor allem in den Bündner Südtälern. Heute sind schweizweit 40% der Bevölkerung einer zu hohen Feinstaubbelastung ausgesetzt.

Ozon wird aus den Vorläufersubstanzen NO_x und VOC gebildet. Dabei werden bei intensiver Sonneneinstrahlung und hoher Temperatur die Vorläufersubstanzen chemisch verändert und es entsteht als Folgeprodukt Ozon (Stichwort: Sommersmog). Erhöhte Ozonbelastungen treten in Nord- und Südbünden auf. Besonders hoch ist die Belastung im Bergell und Misox. Unsere Atemluft ist ganzjährig mit winzigen Feinstaubteilchen belastet. Die PM10-Belastung ist besonders im Winter wegen der vielen Holzheizungen hoch. Besonders hohe Belastungen treten auf, wenn sich bei windschwachen Hochdrucklagen ein Kaltluftsee (Inversionen genannt) ausbildet und die Luftschadstoffe darin gefangen bleiben. Die PM10-Belastung ist entlang den Hauptverkehrsachsen und besonders in den Bündner Südtälern zeitweise stark erhöht (Stichwort: Wintersmog). In den alpinen Regionen ist die Luftbelastung (ausser in den Zentren der Tourismusorte) allgemein gering.

Die Luftverschmutzung führt zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, was zu vermehrten Arzt-, bzw. Spitalbesuchen führt, die Betroffenen sind zusätzlich in ihrer Aktivität eingeschränkt. Zudem können vorzeitige Todesfälle durch die Luftverschmutzung verursacht werden. Aber auch die Pflanzen und Tiere leiden unter der Luftverschmutzung. Die Überdüngung infolge erhöhter Stickstoffeinträge beeinträchtigt eine Vielzahl von Ökosystemen. Bei Pflanzen führen erhöhte Luftschadstoff-Konzentrationen zu Wachstumsstörungen und Ernteeinbussen.

Eine bedeutende Quelle von Luftschadstoffen im Kanton Graubünden sind, wie auch in anderen Kantonen, die Holzfeuerungen. Die kantonalen Umwelt-Fachstellen zeigen in der Sonderschau „Fair Feuern“ (u.a. HIGA 2009, OLMA 2008) und auf der Home Page www.fairfeuern.ch, wie man richtig mit Holz anfeuert und heizt.



Feinstaub-Belastung 1991 - 2008

PM10 - Jahresmittel in $\mu g/m^3$

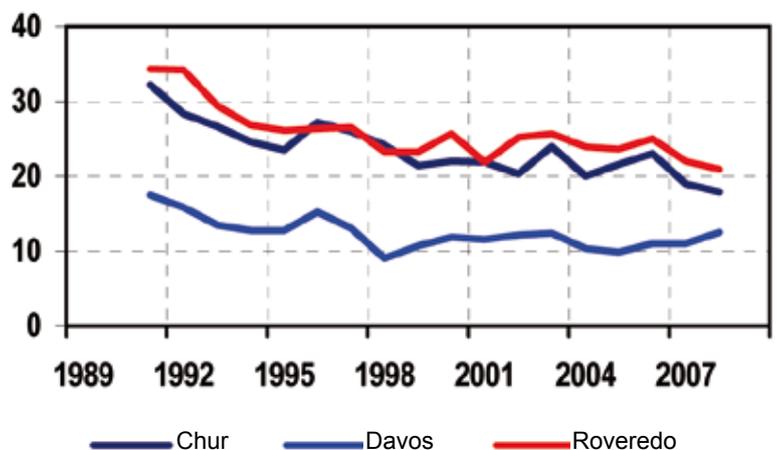


Abb. 2.2: Die bereits getroffenen Massnahmen haben zu einer Verbesserung der Luftbelastung geführt. Die Belastung an NO_x , Ozon und PM10 ist heute aber nachwievor zu hoch, Daten ANU.



Massnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffe und der Treibhausgase

Das Umweltschutzgesetz verpflichtet den Bund und die Kantone die Menschen, Tiere, Pflanzen und ihre Lebensräume vor schädlichen Luftverunreinigungen zu schützen. Dabei sieht das Gesetz ein zweistufiges Vorgehen vor: in einer ersten Stufe sind die Emissionen im Sinn der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Vorsorgeprinzip). Falls sich erweist, dass die Umweltbelastung schädlich ist, sind die Emissionsbegrenzungen zu verschärfen. Konkretisiert werden diese Zielsetzungen in der Luftreinhalte-Gesetzgebung von 1986. Bund, Kantone und Gemeinden haben eine Vielzahl von Massnahmen bereits umgesetzt. Dazu gehören u.a. strenge Emissionsvorschriften für Heizungen, Industrieanlagen und Motorfahrzeuge. Der Vollzug der Massnahmen, welche durch den Bund getroffen worden sind, ist Aufgabe der Kantone. Zu den wichtigsten Massnahmen auf Bundesebene gehören auch Lenkungsabgaben wie die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und die VOC-Lenkungsabgabe.

Lufthygiene - Massnahmenplan

Der Kanton Graubünden hat 2006 seinen Lufthygiene-Massnahmenplan aktualisiert, um die Luftbelastung auf lokaler Ebene weiter zu reduzieren. Im Massnahmenplan sind 29 Massnahmen verankert, die zur weiteren Reduktion der Luftbelastung und des CO₂ beitragen. Es sind Massnahmen im Bereich Verkehr (u.a. emissionsabhängige Motorfahrzeugsteuern, Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs, Förderung des Langsamverkehrs), Industrie (u.a. Branchenvereinbarung Zementindustrie), Feuerungen (u.a. Holzfeuerungskontrolle bei Anlagen bis 70 kW, Vollzug des Verbotes von Grünabfallverbrennungen), auf Baustellen (u.a. Partikelfilterpflicht für dieselbetriebene Maschinen und Geräte bei baustellenähnlichen Anlagen wie Kieswerken oder Recyclingplätzen) und in der Landwirtschaft (u.a. Minimierung von Feinstaub bei dieselbetriebenen Maschinen und Geräten in der Landwirtschaft, Reduktion von Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft). Zudem treten Sofortmassnahmen bei stark erhöhten

Ozon- und Feinstaubbelastungen in Kraft. Pro Massnahme sind die jährlichen Emissionsreduktionen der Luftschadstoffe und des CO₂ bei einer vollständigen Umsetzung der Massnahme ausgewiesen. Das ANU informiert die Regierung jährlich über den Stand der Umsetzung der Massnahmen.

Reduktion der Treibhausgase

In Graubünden, wie auch in der ganzen Schweiz haben sich die Treibhausgasemissionen seit dem Jahr 1990 wenig verändert. In den meisten Industrieländern war dagegen in diesem Zeitraum eine Zunahme zu beobachten. Dass dies bei uns nicht der Fall war, ist einerseits auf das im internationalen Vergleich unterdurchschnittliche Wachstum zurückzuführen. Andererseits sind verschiedene bundesweite und kantonale Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase dafür verantwortlich. Zu den wichtigsten zählen das Programm ENERGIE 2000 und das Nachfolgeprodukt ENERGIE SCHWEIZ. Zudem haben freiwillige Massnahmen der Wirtschaft und die Anstrengungen der Kantone u.a. im Bereich der Gebäudehüllensanierungen dazu beigetragen (siehe auch Kap. 2.2). Die Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft gehen seit den frühen 1990er-Jahren zurück. Die Marktentwicklung, der technische Fortschritt und die Voraussetzungen des ökologischen Leistungsausweises für die Direktzahlungen haben zu einer Verminderung des Viehbestandes und zu einem Rückgang des Düngereinsatzes geführt. Auch die Methanemissionen aus Abfällen haben in den letzten Jahren abgenommen. Zurückzuführen ist dies auf das Deponierungsverbot für brennbare Abfälle. Diese müssen seit dem Jahr 2000 in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) verwertet werden. Der Einsatz von synthetischen Gasen (u.a. FCKW) hat während der 90er-Jahre stark zugenommen. Um den weiteren Anstieg zu begrenzen, hat der Bundesrat die gesetzlichen Grundlagen bezüglich Chemikalien revidiert. Seither ist die Verwendung dieser Gase nur noch zugelassen, wenn es nach dem Stand der Technik kein umweltgerechtes Ersatzverfahren oder Produkt gibt (siehe auch Kap. 2.4). Ohne zusätzliche Massnahmen werden die Emissionen von Treibhausgasen ab heute jedoch nur noch sehr leicht sinken.



2.2 CO₂-Reduktion durch Energie-Effizienzsteigerungen

Ernst Bachmann, Amt für Energie und Verkehr

Remo Fehr, Amt für Natur und Umwelt

Die Technologien und Möglichkeiten zur Reduktion des CO₂-Ausstosses bestehen bereits heute. Neben Effizienzsteigerungen, der Nutzung von erneuerbaren Energien und der Schonung der natürlichen Ressourcen (Waldbewirtschaftung) braucht es politische und wirtschaftliche Anreizsysteme sowie Normen und Gesetze, um eine massive Reduktion des CO₂-Ausstosses zu erreichen.

Grundsätzlich gilt: ein geringerer Energieverbrauch führt zu einem verringerten CO₂-Ausstoss.

In verschiedenen Bereichen (Energieumwandlung, Transport und dazugehörige Infrastruktur, Wohn- und Geschäftsgebäude, Industrie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Abfallbewirtschaftung) gibt es bereits heute substanzielle Möglichkeiten um Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Es gibt jedoch starke Unterschiede in den einzelnen Sektoren, sowohl bezüglich des absoluten Reduktionspotentials als auch der Kosten für die Einsparungen. Im Bereich Gebäude ist das grösste Potential an kosteneffektiven Reduktionen auszumachen.

Energieumwandlung

Die Mehrheit des Energiebedarfes wird in der Schweiz durch fossile Brennstoffe gedeckt. Gegenüber anderen Technologien haben die fossilen Brennstoffe vor allem betriebswirtschaftliche Vorteile die – ohne ein Eingreifen der Politik – weiterhin bestehen bleiben werden. Der Ausstoss von Treibhausgasen kann auf der Angebotsseite auf CO₂-arme fossile Brennstoffe (Erdgas statt Kohle), durch den Einsatz von Auffangtechnologien (Carbon capture and storage) oder den Einsatz alternativer Energien reduziert werden.

Transport und dazugehörige Infrastruktur

Ohne bedeutende Einschnitte bei der wirtschaftli-

chen Entwicklung, den gesellschaftlichen Verhaltensmustern und den staatlichen Interventionen werden der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des Transportverkehrs weiter stark ansteigen. Ende 2005 lagen die CO₂-Emissionen des Verkehrs in der Schweiz 8% über denjenigen von 1990 (Ziel gemäss Kyoto-Protokoll: -8%). Die Reduktionspotentiale werden dieses Wachstum kaum kompensieren.

Ungefähr drei Viertel der Treibhausgasemissionen im Transportverkehr sind dem Strassenverkehr anzurechnen. Somit sind dort die grössten Einsparungen realisierbar. Im Vordergrund stehen: 1. effizientere und leichtere Fahrzeuge, 2. die Substitution von fossilen Treibstoffen durch alternative Treibstoffe wie z.B. Biotreibstoffe oder Elektrizität, 3. die Verlagerung von Transportleistungen von der Strasse auf die Schiene und 4. betriebliche Optimierungen (Stichworte Leerfahrten, Routenwahl, Unterhalt).

Wohn- und Geschäftsgebäude

Rund ein Viertel der CO₂-Emissionen sind den Wohn- und Geschäftsgebäuden anzurechnen. Dieser Bereich besitzt den grössten Anteil an Treibhausgas-Reduktionspotentialen. Massnahmen zur Senkung der Emissionen umfassen die Reduktion des Energieverbrauches und die Substitution der fossilen Energieträger. Die Erhöhung der Energieeffizienz von neuen und alten Gebäuden ist dabei die vielversprechendste und kosteneffektivste Massnahme (Stichworte dazu sind: Heizung, Kühlung, Lüftung, Isolierung, Beleuchtung, Solarenergie, energiesparende Geräte, Wartung und Verhalten der Nutzer).

Durch eine konsequente Umsetzung der Minergie-strategie für neue Gebäude, eine energetische Sanierung älterer Gebäude und die Umstellung auf erneuerbare Energieträger kann eine signifikante



Einsparung an Energie und somit auch Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Im Kanton Graubünden ist es Aufgabe des Amtes für Energie und Verkehr (AEV) aufgrund des Bündner Energiegesetzes (BEG) dafür zu sorgen, dass die Energie sparsam, rationell und nachhaltig eingesetzt wird. Der Kanton leistet Beiträge an Gebäudesanierungen und Nutzungsgradverbesserungen, zudem wird die Nutzung erneuerbarer Energien gefördert. Die Nachfrage nach Kantonsbeiträgen für wärmetechnische Gebäudesanierungen stieg in den vergangenen Jahren, bedingt durch die gestiegenen Ölpreise und bedingt durch ein verbessertes Energiebewusstsein, weiter an. 2008 wurden im Kanton Graubünden 81 Sanierungen abgeschlossen. Der Kanton leistete dazu Beiträge in der Höhe von 1.5 Millionen Franken (9%

der Investitionskosten). Zudem werden vom Kanton Solaranlagen zur Erzeugung von Brauchwarmwasser gefördert. 2008 wurden kantonal für 268 Solaranlagen (Absorberfläche insgesamt: 3'700 m²) Förderbeiträge zugesichert. Vom Investitionsvolumen von 7 Millionen Franken belief sich der durchschnittliche Kantonsbeitrag auf 6.3%. Die aktuelle Klima- und Energiediskussion, sowie die steigenden Energiepreise führten beim AEV zu einer wesentlich grösseren Beratungsnachfrage, dies auch bei den Bauqualitätsstandards MINERGIE und MINERGIE-P. Im Jahr 2008 konnten vom AEV als kantonale Zertifizierungsstelle weitere 59 Gebäude mit dem MINERGIE-Label ausgezeichnet werden. Damit waren per Ende 2008 total 207 Gebäude in Graubünden MINERGIE-zertifiziert.



In einem durchschnittlichen Schweizer Haushalt wird die Hälfte des Energieverbrauches für die Warmwasseraufbereitung und Heizung gebraucht. 1/3 geht zu Lasten der Mobilität und 1/6 wird für den Betrieb elektrischer Geräte eingesetzt. Das AEV berät Einzelpersonen, Gemeinden und andere Fachstellen in energietechnischen Fragen und fördert den öffentlichen Verkehr. Zudem ist das AEV für die Beitragsleistung für Gebäudesanierungen und die Förderung von Solaranlagen zuständig.

2.3 Schutz der Ozonschicht

Hanspeter Lötscher, Amt für Natur und Umwelt

Die Ozonschicht schützt die Lebewesen auf der Erde vor der lebensfeindlichen UV-B Strahlung der Sonne. Von 1970 bis 1990 hat sich die stratosphärische Ozonschicht ob Arosa kontinuierlich abgebaut. Als Folge des Abbaus der Ozonschicht hat die UV Strahlung zugenommen. Die Massnahmen, die auf internationaler Ebene und in der Schweiz ergriffen wurden, zeigen Wirkung: Zwischen 1986 und 2004 konnte der Verbrauch von reglementierten ozonschichtabbauenden Stoffen in der Schweiz um 99% und weltweit um 93% reduziert werden. Die Ozonschicht ob Arosa regeneriert sich seit der Mitte der 90er Jahre wieder.

Werden die bisherigen Anstrengungen fortgesetzt, so dürfte sich die Ozonschicht weltweit bis in etwa 60 Jahren vollständig erholen.

Ozon: oben nützlich, unten schädlich

Das in der Stratosphäre in 20 bis 40 km Höhe konzentrierte Ozon schützt die Erde vor UV-B-Strahlen. Im Sommer bildet sich Ozon auch in den bodennahen Luftschichten der Troposphäre, wo es Reizungen der Augen und der Atemwege hervorruft und die Pflanzen schwächt.

Ozonschichtabbauende Stoffe

Zu den ozonschichtabbauenden Stoffen gehören Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone sowie weitere Chlor- und Bromverbindungen. Diese Stoffe wurden in Kälteanlagen, zur Isolierung von Gebäuden und als Löschmittel verwendet. Die Verwendung dieser Stoffe wurde in Europa und in der Schweiz vor kurzem verboten, jedoch in verschiedenen Industrie- und Entwicklungsländern noch immer erlaubt. Im Kanton Graubünden wurden im Jahr 2000 rund 0.77 Tonnen FCKW emittiert, Tendenz abnehmend (Quelle ANU).



In Arosa werden seit 1926 Messungen des Gesamtozons durchgeführt. Das Gesamtozon in der Stratosphäre wird bis heute an jedem sonnigen Tag, praktisch ohne Unterbrechung, bestimmt. Die Messung wird seit Beginn der Datenreihe mit dem gleichen Instrumententyp (Dobson) durchgeführt. Standort der Messungen ist das lichtklimatische Observatorium (LKO) der MeteoSchweiz. Das ANU misst dort seit 1994 das bodennahe, troposphärische Ozon. Damit wird eine wissenschaftlich äusserst wertvolle Datenreihe fortgesetzt: in Arosa wurden bereits in den 50er Jahren und wieder seit 1991 Messungen des bodennahen Ozon durchgeführt.



Ultraviolettstrahlung (UV-B)

Die Ausdünnung der Ozonschicht erfolgte so weit, dass die UV-B-Strahlung in unseren Breiten um durchschnittlich 6% zugenommen hat. Über den Polen kann die Strahlung um 20% (Arktis) bzw. über der Antarktis sogar um bis zu 130% zunehmen. Die Intensivierung der Strahlung hat Folgen für die menschliche Gesundheit: Sonnenbrand, Hautkrebs sowie häufigere und schwerere Augenerkrankungen treten in verstärkter Masse auf.

Massnahmen und ihre Wirkungen

Die Zerstörung der Ozonschicht ist ein globales Problem, denn die Substanzen, die dafür verantwortlich sind, machen vor den Landesgrenzen nicht Halt. Die Staatengemeinschaft hat deshalb das Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht, das Protokoll von Montreal (1987) abgeschlossen. Die Unterzeichnerstaaten verpflichten sich, den Zustand der Ozonschicht zu überwachen und gemeinsam wie einzeln

die erforderlichen Schutzmassnahmen zu ergreifen. Die Schweiz hat zwischen 1991 und 2005 schrittweise den Einsatz von verschiedenen ozonschichtabbauenden Stoffen verboten. Im Hinblick auf Ersatzstoffe fördern die Schweizer Behörden aktiv die Verwendung von Alternativen, die geamthhaft betrachtet am umweltverträglichsten sind. Das ANU überprüft die im Kanton im Betrieb stehenden Kälteanlagen und führt über die im Einsatz stehenden ozonabbauenden Stoffe ein Inventar (siehe Kap. 2.4).

Entwicklung der Ozon-Schicht ob Arosa seit 1926

Total-Ozon - Jahresmittelwerte in Dobson Einheiten (DU)

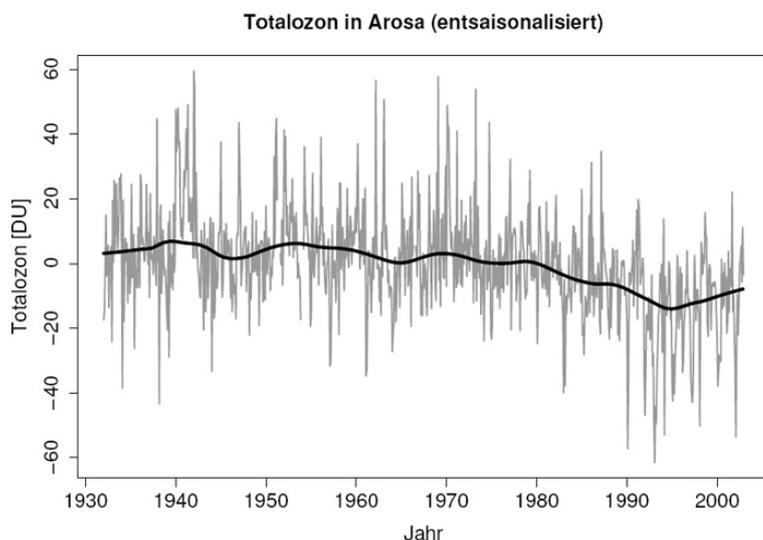


Abb. 2.3: Entwicklung der Ozonschicht ob Arosa. Aufgrund der zerstörerischen Wirkung der ozonabbauenden Stoffe hat sich die Ozonkonzentration in unseren Breiten seit 1970 um rund 6% verringert. Datenquelle: Jörg Mäder, ETH Zürich, 2004.

2.4 Ozonschicht zerstörende Stoffe in Wärmepumpen und Kälteanlagen

Stephan Coray, Hanspeter Willi, Amt für Natur und Umwelt

Einführung

Wärmepumpen und Kälteanlagen benötigen ein Kältemittel als Arbeitsflüssigkeit. Kältemittel sind Flüssigkeiten die bei niedriger Temperatur und bei niedrigerem Druck durch Verdampfung Wärme aufnehmen und bei hoher Temperatur und hohem Druck durch Kondensation Wärme abgeben. Sie müssen verschiedene Anforderungen erfüllen: gute thermodynamische Eigenschaften (Energieeffizienz), ungiftig und unschädlich für die Umwelt (umweltfreundlich), kostengünstig (Wirtschaftlichkeit). Wärmepumpen benötigen eher kleine Mengen, Kälteanlagen eher grössere Mengen an Kältemittel. In vielen älteren Wärmepumpen und Kälteanlagen sind noch umweltgefährdende Kältemittel im Einsatz, welche die Ozonschicht zerstören, wenn sie in die Atmosphäre austreten. Deshalb sind Altanlagen meldepflichtig. Neuanlagen sind bewilligungspflichtig. Bewilligungs- und Meldestelle ist das ANU. Die Betreiber von Wärmepumpen und Kälteanlagen werden vom ANU zur Dichtigkeitskontrolle Ihrer Anlage verpflichtet.

Wärmepumpen

Mit Wärmepumpen kann Umweltwärme aus Luft, Erdreich oder Wasser für Heizzwecke genutzt werden. Dabei werden 100% Heizenergie mit 30 bis 35% elektrischer Energie (Antriebsenergie für die Wärmepumpe) erzeugt. Wärmepumpen, welche die Energie aus dem Erdreich (Erdsonden, Erdregister) bzw. aus dem Wasser (Grundwasser, Fliessgewässer etc.) nutzen, sind bewilligungspflichtig. Die Bewilligung wird vom ANU erteilt.

Bereits 1972 wurde im Kanton die erste Grundwasser-Wärmepumpe für den Betrieb einer Sportanlage gebaut. Mit steigendem Umweltbewusstsein nahm die Anzahl bewilligter Erdwärmepumpen stetig zu. Als Folge der gestiegenen Preise für fossile Rohstoffe in

den letzten Jahren stieg die Zahl der Neuanlagen stark an. 2006 wurden erstmals mehr neue Wärmepumpenanlagen als Ölheizungen bewilligt. Diese Entwicklung hat sich seitdem noch verstärkt. Mit dem Bau von Wärmepumpen wird ein wichtiger Beitrag zur CO₂-Reduktion geleistet. Selbst im ungünstigsten Fall reduzieren Wärmepumpen den CO₂-Ausstoss nämlich um rund 40%.

Kälteanlagen

Mit Kälteanlagen kann Wärme in die Luft abgeführt werden. Kälteanlagen werden seit vielen Jahrzehnten in Kühllhäusern, Tiefkühlanlagen und zur Raumklimatisierung eingesetzt. Viele – vor allem ältere - Kältemittel verursachen negative Folgen für die Umwelt, wenn sie aus dem System in die Atmosphäre austreten.

Wärmepumpen im Kanton Graubünden 1972 - 2008

Anzahl Wärmepumpen pro Jahr und thermische Leistung in Kilowatt

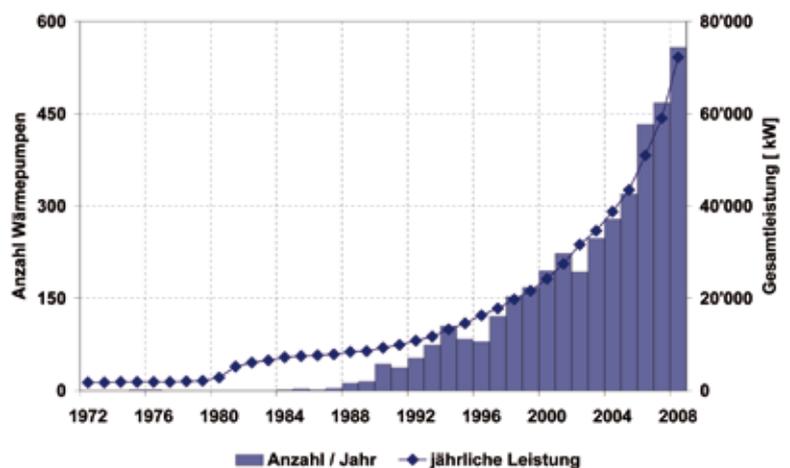


Abb. 2.4: Erdwärmepumpen können ausser im Bereich von Grundwasserschutz-zonen sowie Gebieten mit besonderen Grundwasserverhältnissen im ganzen Kantonsgebiet errichtet werden. Die Bewilligungen werden durch das ANU erteilt.



Aus Umweltsicht können drei Gruppen von Kältemitteln unterschieden werden:

1. Kältemittel ohne signifikanten Einfluss auf die Umwelt, so genannte natürliche Kältemittel.
Dazu gehören: Ammoniak, Propan, Propen, Isobutan, Ethan und Kohlendioxyd.
Natürliche Kältemittel sind für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten anzustreben.
2. Kältemittel welche keinen Einfluss auf die Ozonschicht haben, aber Treibhausgase sind. Diese Kältemittel werden als in der Luft stabile Stoffe bezeichnet. Die Kältemittel dieser Gruppe sind alles Fluorkohlenwasserstoffe (FKW). Ebenfalls verwendet wird die Abkürzung HFKW.
Dazu gehören: Tetrafluorethan, Pentafluorethan, Difluormethan und Gemische daraus.
3. Kältemittel welche die Ozonschicht in der Stratosphäre abbauen und zur Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, also ein Ozonerstörungspotential (ODP, Ozone Depletion Potential) besitzen und Treibhausgase sind. Die Kältemittel dieser Gruppe enthalten alle Chlor.

Es werden unterschieden:

- a.) Teilweise halogenierte Kohlenwasserstoffe HFKW (das H in der Abkürzung weist auf die Teilhalogenierung hin). Die HFKW haben ein relativ kleines Ozonerstörungspotential.
Dazu gehören: Difluorchlormethan und Gemische mit einem hohen Anteil an Difluorchlormethan.
- b.) Vollständig halogenierte Kohlenwasserstoffe (FKW). Diese haben ein grosses Ozonerstörungspotential.
Dazu gehören: Trichlorfluormethan und Dichlordifluormethan.

Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln sind seit dem 1. Januar 2004 bewilligungspflichtig. Altanlagen sind meldepflichtig. Bewilligungs- und Meldestelle ist das ANU. Die Betreiber dieser Anlagen müssen die Dichtigkeit regelmässig überprüfen und ein Wartungsheft für jede Anlage führen. Der Kanton überwacht die Einhaltung dieser Auflagen mit Stichproben.

Weiter ist es verboten, neue Anlagen mit HFCKW zu erstellen bzw. Altanlagen zu erweitern oder umzubauen. Bestehende Anlagen dürfen weiter betrieben und bis Ende 2014 mit recyceltem Kältemittel nachgefüllt werden (phase out). Bestehende Anlagen mit FCKW dürfen solange weiterbetrieben werden, wie sie dicht sind. Dann muss das FCKW fachgerecht entsorgt werden. Das Nachfüllen ist verboten. Es kann jedoch ein Fluorkohlenwasserstoff eingefüllt werden.

Das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht verlangt den weltweiten Ausstieg aus Produktion und Verwendung Ozonschicht abbauender Stoffe. Mit dem stufenweisen Ersatz dieser Stoffe wird ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Wassernutzung und Hochwasserschutz



3. Wassernutzung, bäuerliche Bewässerung und Hochwasserschutz

- 3.1 Klimawandel und Abflussverhältnisse in Bächen und Flüssen
- 3.2 Klimawandel und Landwirtschaft
- 3.3 Auswirkungen der Klimaveränderung auf den wasserbaulichen Hochwasserschutz



Klimamodelle sagen voraus, dass Wetterextrema in Zukunft häufiger und intensiver werden. Trocken- und Nassperioden werden sich abwechseln. Die Nullgradgrenze wird steigen, damit wird in erhöhten Lagen der Schneefall seltener werden und der Schwund der Gletscher verstärkt. Der Rückzug der Gletscher im hochalpinen Raum ist somit ein sichtbares Zeichen der globalen Erwärmung. Gletscher sind einerseits wichtige Trinkwasserreservoirs. Andererseits regulieren sie den alpinen Wasserhaushalt, indem sie den Niederschlag-Abfluss verzögern und dämpfen. Der Schwund der Gletscher hat somit Folgen für die Trinkwasserversorgung und verändert die Abflusscharakteristika von Bächen und Flüssen. Letzteres wird zu vermehrten Hochwassern führen. Diese bedrohen landwirtschaftliches Kulturland, Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen gleichermassen.

Die Landwirtschaft wird in Zukunft nicht nur mit Überschwemmungen sondern auch mit Trockenheiten zu kämpfen haben. Den Trockenperioden kann mit gezielten Bewässerungen begegnet werden. In wissenschaftlichen Studien wird deshalb untersucht und abgeklärt, welche Regionen und Täler im Kanton bewässert werden sollten, um Ertragseinbussen zu verhindern.

Im Gegensatz zu den Gefahren der Trockenheit kann den Gefahren von Hochwasser nur bedingt begegnet werden. Es werden Anpassungsstrategien benötigt, welche die möglichen Entwicklungen der nächsten Jahrzehnte berücksichtigen. Dazu gehören mehrstufige Schutzkonzepte und Schutzbauten, die bei Erreichen der Grenzbelastung nicht kollapsartig sondern „gutmütig“ versagen.



3. Utilisaziun da l'aua, sauaziun agricula e protecziun cunter aua gronda

- 3.1 Midada dal clima e relaziuns da deflussiun en auals ed en flums
- 3.2 Midada dal clima ed agricultura
- 3.3 Consequenzas da la midada dal clima per la correcziun dals curs d'aua ch'è destinada a la protecziun cunter aua gronda

Il model dal clima prognostitgeschan ch'i dettia en l'avegnir pli savens auras extremas, e quai en moda pli intensiva. Periodas sitgas e bletschas vegnian a s'alternar. Il cunfin da nulla grads vegnia a s'auzar, uschia ch'i dettia main savens naiv en regiuns pli autas ed uschia ch'ils glatschers regredeschian. Il regress dals glatschers en il territori autalpin è pia in indizi vesaveivel da la stgaurada globala.

Il glatschers èn d'ina vart reservuars d'aua da baiver impurtants. Da l'otra vart reguleschan els la bilantscha d'aua da las Alps, retardond e mitigond la deflussiun da l'aua da precipitaziuns. Il regress dals glatschers ha pia consequenzas per il provediment cun aua da baiver e mida las caracteristicas da deflussiun dals auals e dals flums. E questa midada vegn a chaschunar dapli auas grondas che pericliteschan da medema maniera il terren agricul cultivà, ils territoris d'abitadi ed ils indrizz d'infrastructura.

En l'avegnir na vegn l'agricultura betg mo a stuir cumbatter cunter inundaziuns, mabain er cunter periodas da sitgira. A las periodas da sitgira poi vegnir fatg frunt cun sauaziuns sistematicas. En studis scientifics vegni perquai retschertgà e sclerì, tge regiuns e tge vals en il chantun che duain vegnir sauadas per impedir perditas da racolta.

Cuntrari als privels da la sitgira poi vegnir fatg frunt mo cundiziunadamain als privels da l'aua gronda. I dovra strategias d'adattaziun che resguardan ils svilups pussaveivels dals proxims decennis. Latiers tutgan concepts ed edifizis da protecziun da plirs stgalims che na laschan betg suenter andetgamain, mabain „a la buna“, cur che las limitas vegnan cuntanschidas.



3. L'utilizzazione delle acque, l'irrigazione agricola e la protezione contro le piene

- 3.1 I cambiamenti climatici e i regimi di deflusso nei torrenti e fiumi
- 3.2 I cambiamenti climatici e l'agricoltura
- 3.3 Le ripercussioni del cambiamento climatico sulla protezione dalle piene

I modelli climatici prevedono situazioni meteorologiche estreme sempre più frequenti e intense. I periodi di siccità e quelli ricchi di pioggia si alterneranno. La quota dello zero termico si rialzerà riducendo la neve nelle altitudini elevate e rafforzando la scomparsa dei ghiacciai. Il ritiro dei ghiacciai nell'elevato spazio alpino costituisce pertanto un segno visibile del riscaldamento globale.

I ghiacciai da una parte costituiscono importanti serbatoi di acqua potabile. D'altra parte essi regolano l'economia idrica alpina ritardando e riducendo il deflusso delle precipitazioni. La scomparsa dei ghiacciai si ripercuote quindi sull'approvvigionamento dell'acqua potabile e di conseguenza modifica le caratteristiche del deflusso di ruscelli e fiumi. Tale fatto porterà a un aumento delle piene. Quest'ultime minacciano nella stessa misura il terreno agricolo, gli insediamenti e le infrastrutture.

In avvenire l'agricoltura non si vedrà solo costretta a lottare contro le inondazioni, bensì anche contro la siccità. I periodi di siccità si possono affrontare con irrigazioni ben programmate. Gli studi scientifici stanno perciò esaminando la necessità delle regioni e valli del Cantone di essere irrigate al fine di non perdere parte del raccolto. Contrariamente ai pericoli della siccità, la protezione contro le piene si rivela limitata. Occorrono strategie di adeguamento che tengano conto dei possibili sviluppi dei prossimi decenni; ne fanno parte concetti e opere di protezione a livelli diversi che in casi estremi non reagiscano con un collasso, ma cedano gradatamente.



3.1 Klimawandel und Abflussverhältnisse in Bächen und Flüssen

Gian Andrea Riedi, Amt für Natur und Umwelt

Um die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Abflussverhältnisse in unseren Bächen und Flüssen sowie im Grundwasser zu verstehen und um diskutieren zu können, welche Massnahmen im Hinblick auf die Gefahrenabwehr sinnvoll sind, ist es notwendig zu verstehen, wovon die Abflüsse in Fließgewässern abhängen.

Der Abfluss in einem Gewässer wird massgeblich durch die Grösse, die Niederschlagsverhältnisse, die Höhenlage, die Temperaturverhältnisse und die Bodenbedeckung im Einzugsgebiet bestimmt. Die Höhenlage und die Temperaturverhältnisse entscheiden darüber, ob und wann der Niederschlag als Regen oder als Schnee anfällt, und ob er im Winter als Eis und Schnee im Einzugsgebiet zwischengespeichert wird.

Ein Gewässer, dessen Einzugsgebiet stark vergletschert ist, das heisst wo die meisten Niederschläge als Schnee anfallen und als Schnee und Eis auch zwischengespeichert werden, weist einen sehr tiefen Abfluss im Winter und einen recht gleichmässig hohen Abfluss im Sommer auf. Im Frühling steigt der Abfluss an und wird durch das Einsetzen der Schneeschmelze bestimmt. Die Höhe des Sommerabflusses wird dagegen hauptsächlich von den Sommertemperaturen und dem abschmelzenden Eis bestimmt. Im Herbst geht der Abfluss mit den sinkenden Temperaturen wieder zurück. Die Ganglinie des Abflusses weist keine wesentlichen Hochwasserspitzen auf. Das heisst, auch bei Starkniederschlägen wirkt die Vergletscherung sehr stark dämpfend auf den Abfluss im Bach. In der Fachliteratur wird der Abfluss eines Gewässers, dessen Einzugsgebiet stark verglet-



Der Abfluss in einem Gewässer wird massgeblich durch die Grösse, die Niederschlagsverhältnisse, die Höhenlage, die Temperaturverhältnisse und die Bodenbedeckung im Einzugsgebiet bestimmt. Ein vom ANU und Bund betriebenes Messnetz misst kontinuierlich den Abfluss verschiedener Gewässer und den Grundwasserspiegel in verschiedenen Regionen. Die aktuellen Daten helfen den Gemeinden und Kriesenstäben bei Hochwasser die Gefahrensituation zu beurteilen.



schert ist und obige Abflusscharakteristik aufweist, als glazial bezeichnet.

Die Abflussverhältnisse eines Gewässers, welches keine Gletscher im Einzugsgebiet aufweist, jedoch noch genügend hoch liegt, damit im Winterhalbjahr die Niederschläge als Schnee fallen, werden als nival bezeichnet. Die Winterabflüsse in solchen Bächen sind generell höher als beim glazialen Abflussregime, was auf eine verstärkte Speisung durch Quellen im Einzugsgebiet zurück zu führen ist. Im Frühling treten Abflussspitzen als Folge der Schneeschmelze auf. Der Sommerabfluss ist geprägt von Hochwasserspitzen, welche mit Starkniederschlägen einhergehen oder auch tiefen Abflüssen als Folge einer sommerlichen Trockenperiode. Ebenso typisch für nivale Abflussregime sind Hochwasserspitzen im Spätherbst als Folge von Starkniederschlägen in dieser Jahreszeit.

Der Vollständigkeit halber seien die pluvialen Abflussregime erwähnt, welche jedoch in der Schweiz und insbesondere im Kanton Graubünden nicht vorkommen. Wie der Name vermuten lässt, sind es die Abflussregime von Flüssen und Bächen mit einem Einzugsgebiet, in welchem aller Niederschlag, also auch jener im Winter, als Regen anfällt. Die höchsten Abflüsse und auch die Hochwasserereignisse treten entsprechend der höchsten Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet vor allem im Winter auf. Das führt zu der für uns Alpenbewohner nicht einfach verständlichen Situation, dass am Unterlauf der Elbe im Februar oder März Hochwasser mit grossen Schäden auftreten, wenn bei uns die Bäche am wenigsten Wasser führen.

Da mit der Entfernung einer betrachteten Stelle zum höchsten Punkt im Einzugsgebiet die Vergletsche-

rung prozentual laufend abnimmt, gibt es neben den erwähnten reinen Formen von Abflussregimes auch viele Übergangsformen. Im Kanton Graubünden gelten die Abflüsse an vielen Stellen als glazio-nival (etwas mehr Vergletscherung) oder als nival-glazial (etwas mehr Schnee resp. weniger Einfluss der Vergletscherung).

Alle Klimamodelle sagen voraus, dass die Gletscher in den nächsten 50 Jahren in den Alpen verschwinden werden. Damit ist klar, dass Bäche mit heute glazial geprägten Abflussregimes, die eindrücklichen Gletscherbäche, verschwinden werden und die Abflüsse ausschliesslich nival geprägt sein werden. Bei steigender Temperatur und Schneefallgrenze könnten sich die Abflussverhältnisse bei Flüssen im schweizerischen Mittelland sogar in Richtung pluvial verschieben.

Diese absehbaren Verschiebungen in den Abflusscharakteristika unserer Bäche und Flüsse erscheinen auf den ersten Blick nicht besonders bedeutungsvoll. Der Wegfall der speichernden, für den Abfluss in den Bächen ausgleichenden Wirkung der Gletscher dürfte im Frühjahr bei der Schneeschmelze auf Grund des grösseren wirksamen Einzugsgebiets und der grösseren Schneemenge, die schmilzt, jedoch regelmässig zu bedeutend höheren Abflüssen führen, als wir es heute gewohnt sind. Treffen die Prognosen zu, dass in Zukunft bei gleich bleibender jährlicher Niederschlagsmenge mehr und stärkere Niederschlagsereignisse auftreten, kann das bei ungünstiger Konstellation (z.B. Schneeschmelze und Starkniederschlag) zu Abflüssen führen, welche bedeutend grösser sind, als auf Grund des wirksamen Einzugsgebiets zu erwarten wäre. Auch bei Starkniederschlägen im Sommer und im Herbst wird ohne die Gletscher ein deutlich grösseres Einzugsgebiet

abflusswirksam. Ein Einzugsgebiet, aus welchem auf Grund einer fehlenden Vegetation Niederschläge sehr schnell und ungedämpft abfliessen, wird künftig bei gleichen Niederschlägen wie heute zu deutlich grösseren Abflussspitzen führen.

Die absehbaren Veränderungen in den Abflussverhältnissen unserer Bäche und Flüsse werden direkte Auswirkungen auf die Wassernutzung und auf die Massnahmen zum Schutz vor Hochwasser haben. Wassernutzung und Hochwasserschutz sind auf Langfristigkeit ausgelegt und müssen den absehbaren Trends Rechnung tragen.

Neben heftigeren Niederschlagsereignissen mit Tendenz zu verstärkten Hochwasserereignissen dürften in der Zukunft aber auch längere Perioden mit gegenüber heute unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen auftreten. Die trockenen Jahre 2003 bis 2006 haben gezeigt, wie sich solche Ereignisse auf die Abflussverhältnisse in den Oberflächengewässern und dem Grundwasser auswirken.

Das Amt für Natur und Umwelt beobachtet die langfristige Entwicklung der Niederschläge im Kanton an

Messstellen des Bundes und korreliert sie mit den Abflussmengen in den Oberflächengewässern, welche teilweise vom Bundesamt für Umwelt und teilweise durch das ANU selber gemessen werden. Hinzu kommt das Messnetz des ANU zur Beobachtung der Grundwasservorkommen. Diese Daten, welche seit Jahrzehnten erhoben werden, dienen bis anhin vor allem einzelnen Spezialisten bei Fragen des Hochwasserschutzes oder bei Eingriffen ins Grundwasser. Die erwähnte Trockenperiode zwischen 2003 und 2006 mit ihren vielfältigen Auswirkungen auf Mensch, Tiere und Pflanzen hat viele Leute für die Bedeutung des Wassers und die vielfältige Interaktion zwischen der belebten Natur und dem Wasser sensibilisiert. Das ANU trägt diesem verstärkten Bedürfnis nach Information über die Gewässer im Kanton Rechnung, indem es auf seiner Homepage ein Bulletin zu den Abfluss und Niederschlagsverhältnissen publiziert (<http://www.umwelt-gr.ch>). Zudem können zur Zeit fünf Messstationen an Oberflächengewässern über das Internet online abgefragt werden. Dieser Service wird in den nächsten Jahren ausgebaut und auf die Messstellen im Grundwasser ausgedehnt.



Ein Gewässer, dessen Einzugsgebiet stark vergletschert ist, das heisst, wo die meisten Niederschläge als Schnee anfallen und als Schnee und Eis auch zwischengespeichert werden, weist einen sehr tiefen Abfluss im Winter und einen recht gleichmässig hohen Abfluss im Sommer auf, Foto Gletscherbach im Val Roseg.



Niederschlag in Chur, 2003 - 2008

Jährliche Menge in mm und Vergleich zur langjährigen Norm (%)

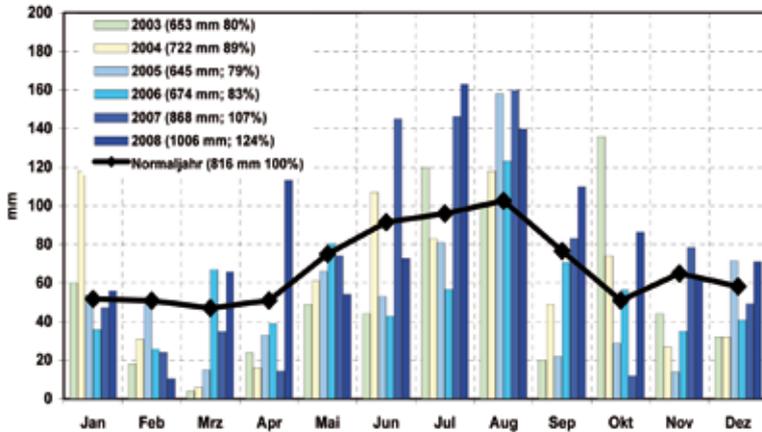


Abb. 3.1: Das Diagramm zeigt, dass zwischen dem Januar 2003 und Januar 2007 im Churer Rheintal kumuliert ca. 600 mm Regen weniger gefallen sind, als in durchschnittlichen Jahren. Zwischen dem Januar 2007 und dem Januar 2009 regnete es im gleichen Gebiet hingegen ca. 300 mm mehr als im langjährigen Mittel (1961-1990). Die Niederschläge, welche zu einer Verringerung des Defizits an Regen führten erfolgten vor allem in den Sommermonaten.

Abfluss des Rheins in Domat-Ems, 2003 - 2008

Jährliche Menge in m³/s und Vergleich zur langjährigen Norm (%)

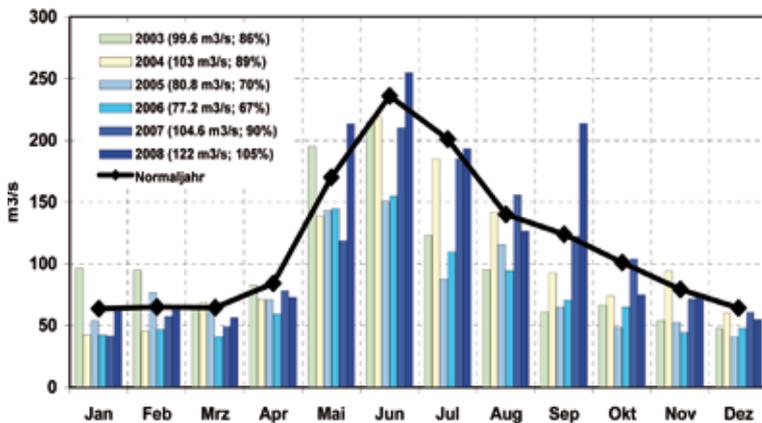


Abb. 3.2: Das Diagramm zeigt, dass der Abfluss im Rhein bei Domat-Ems nach 3 Jahren mit unterdurchschnittlichen Werten, im Sommer 2008 wieder einen Abfluss aufwies, welcher deutlich über dem langjährigen Mittel lag.

Grundwasserstand im Rheintal bei Chur, 2003 - 2008

Höhe der Kote in m ü. M., Mittelwerte verschiedene Zeitperioden

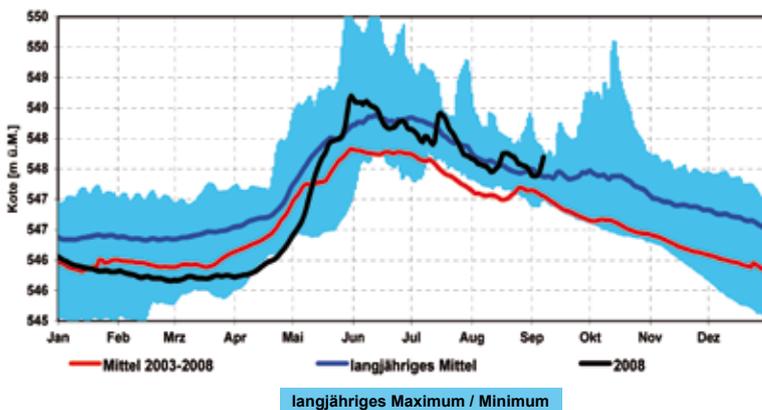


Abb. 3.3: Beim Grundwasser im Bündner Rheintal erkennt man deutlich, dass der Grundwasserspiegel in den trockenen Jahren 2003 bis 2007 ein bis zwei Meter tiefer lag als in durchschnittlichen Jahren. Im Jahr 2008 bewegte sich der Grundwasserspiegel wieder auf dem Niveau des langjährigen Mittels.



3.2 Klimawandel und Landwirtschaft

Rebecca Göpfert, Hanspeter Rüedi, Amt für Landwirtschaft und Geoinformation
Reto Elmer, Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof

Wechselnde Witterungsverläufe bekommt die Landwirtschaft sehr direkt zu spüren. Die Abfolge von guten und schlechten Jahren ist seit Menschengedenken Teil des bäuerlichen Lebens. Langfristige klimatische Veränderungen, wie sie jetzt prognostiziert werden, sind auch für die Landwirtschaft mit grösseren Konsequenzen verbunden.

Die Häufigkeit schneearmer Winter und trockener Sommer in der Periode ab 2003 hat denn auch in der Landwirtschaft für Aufsehen gesorgt. Der Bündner Bauernverband (BBV) hat in den letzten Dürrejahre jeweils Futteraktionen für die betroffenen Bauern organisiert oder unterstützt. Langfristig ist dieser Lösungsansatz allerdings kaum befriedigend. Der BBV hat nach dem dritten Jahr Trockenheit in Folge reagiert und eine Studie beim Amt für Landwirtschaft und Geoinformation (ALG) und dem Landwirtschaftlichen Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof (LBBZ) angeregt, welche vorbeugend die nach heutigen Grundsätzen definierten bewässerungsbedürftigen Gebiete des Kantons bezeichnen soll. Damit – so der BBV – solle es möglich werden, die Investitionskosten für moderne Bewässerungsanlagen abzuschätzen und den Aufwendungen für Futterzukäufe infolge Ernteverlusten durch die Trockenheit gegenüberzustellen.

Ergebnisse aus der Arbeit „Bewässerungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen in Graubünden“ (Rebecca Göpfert, ALG, 2007):

Der Klimawandel macht sich in der Bündner Landwirtschaft vor allem durch die in den letzten Jahren vermehrt auftretenden Trockenzeiten während der Vegetationsperiode bemerkbar. Die Sommertrockenheit der vergangenen Jahre stellte für manche Bäuerin und manchen Bauern im Kanton Graubünden

ein grosses Problem dar. Wie der Hitzesommer 2003 zeigte, sind die Ernteerträge in der Landwirtschaft direkt vom Wetter, respektive den regionalen klimatischen Bedingungen abhängig. So führten die hohen Temperaturen in Kombination mit wenig Niederschlag zu massiven Ertragseinbussen.

Die Verknappung der Ressource Wasser ist nicht nur ein regionales Problem. Einerseits ist der globale Wasserverbrauch in den letzten 100 Jahren auf das Sechsfache angestiegen. Andererseits sind die Niederschläge des letzten Jahrzehnts häufig in Form von Unwettern mit sehr grossen Wassermengen erfolgt. Es muss davon ausgegangen werden, dass der Wassermangel weltweit weiter zunehmen wird. Dieser Problematik war man sich bei der Ausarbeitung der Studie bewusst. Die künstliche Bewässerung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist daher möglichst effizient zu gestalten. Bewässerungswürdig sind ausschliesslich Flächen mit einem tiefgründigen, bewässerungsgerechten Boden, welche zugleich auch aus ökologischen Gesichtspunkten (Flora und Fauna) nicht problematisch sind. Ziel der Bewässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen im Kanton Graubünden soll sein, mit einer minimalen und effizienten Zusatzbewässerung die Erträge sicher zu stellen und nicht eine Intensivierung anzustreben. Um diesem Grundsatz gerecht zu werden, wurde die Abgrenzung der Ertragssicherung gegenüber der Ertragssteigerung durch Bewässerung nach folgenden Kriterien definiert.

Ertragssicherung durch Bewässerung

Wenn ein Ertragsausfall infolge ungünstiger Jahreswitterung mehr als ein Drittel einer Normalernte beträgt, so liegt er ausserhalb der üblichen, witterungsbedingten Ertragsschwankungen. Tritt nun eine übermässige, witterungsbedingte Ertragsreduktion

mindestens jedes dritte Jahr auf, so ist eine Ertrags-sicherung durch Bewässerung angezeigt (Nievergelt, 1986).

Wasserbilanz in Scuol - Berechnungsbeispiel

Der Wasserverbrauch eines Pflanzenbestandes beinhaltet das von den Pflanzen verdunstete (Transpiration), das in das Pflanzengewebe eingelagerte und das von der Pflanzenoberfläche und der Bodenoberfläche durch Verdunstung (Evaporation) abgegebene Wasser. Der so definierte Wasserverbrauch wird als Evapotranspiration bezeichnet (Achnich, 1980). Es existieren viele empirische Formeln zur Berech-

nung der Evapotranspiration. Für die Untersuchung wurde die Evapotranspiration je nach Monat mittels der Primault (Wintermonate) oder der modifizierten Penman-Methode (Sommermonate) berechnet.

Am Beispiel Scuol soll hier gezeigt werden, wie sich im Verlauf der Vegetationsperiode ein Defizit in der Wasserbilanz (Niederschlag abzüglich Evapotranspiration) abzeichnet. Die Niederschläge vermögen die Evapotranspiration (Wasserverbrauch) über den Sommer hinweg nicht zu decken. So tritt auf Böden mit 60 mm Wasserspeichervermögen bereits anfangs Mai ein ungedeckter Wasserbedarf auf, welcher den ganzen Sommer über besteht.

Wasserbedarf in landwirtschaftlichen Kulturen
Niederschlagsmenge in Scuol, Durchschnitt 1985 - 2004 in mm

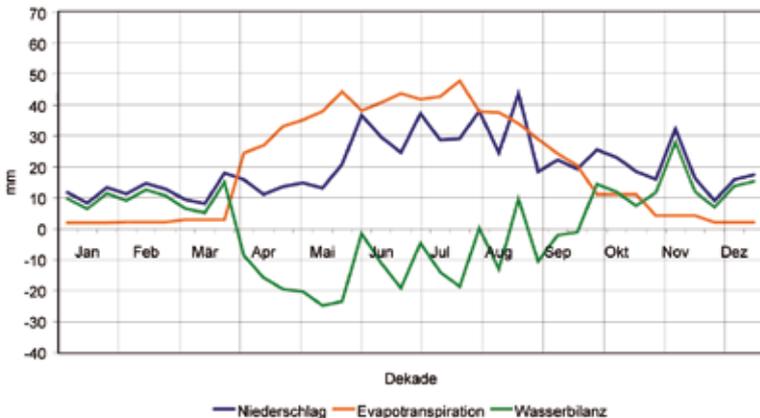


Abb. 3.4: Gemittelter Niederschlag, Evapotranspiration und Wasserbilanz in Scuol. Dekaden-Durchschnitt der Jahre 1985-2004, Quelle: MeteoSchweiz, eigene Darstellung.

Deckung des Wasserbedarf in landwirtschaftlichen Kulturen
Deckung in Scuol, Durchschnitt 1985-2004 in mm

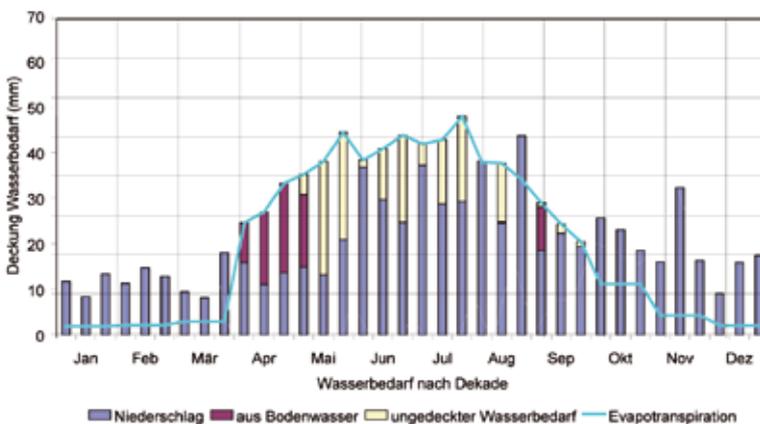


Abb. 3.5: Deckung des Wasserbedarfs landwirtschaftlicher Kulturen auf Böden mit 60 mm Wasserspeichervermögen in Scuol. Dekaden-Durchschnitt der Jahre 1985-2004. Quelle: MeteoSchweiz, eigene Darstellung.



Ertragsschädigendes Wasserdefizit

Ertragsschädigend ist das Wasserdefizit in den Monaten Juni bis August voraussichtlich dann, wenn es grösser ist als das Doppelte des Speichervermögens des Bodens (Nievergelt, 1986). Das Sommermaximum des Wasserdefizits ergibt sich aus der kumulierten Wasserbilanz ab Jahresbeginn. In der Untersuchung wurde der Grenzwert eines ertragsschädigenden Wasserdefizits auf 70 mm festgelegt. Dies gilt für einen Boden mit einer Speicherfähigkeit von 30 bis 50 mm. Damit ist ein für hiesige Verhältnisse üblicher, eher tiefgründiger Boden berücksichtigt worden. Solche Böden sind mit hoher Wahrscheinlichkeit häufig in den klassischen Bewässerungsgebieten anzutreffen. Sie sind Grundlage für Halbfett- und Fettwiesen.

Wenn nun in mehr als einem Drittel der untersuchten Jahre - für die vorliegende Untersuchung sind das sieben Jahre - das Sommermaximum des Wasserdefizits 70 mm überschreitet, wird die Region als bewässerungsbedürftig angesehen.

Die Auflistung der Sommermaxima der Wasserdefizite für die Jahre 1985 bis 2004 in Scuol zeigt, dass durchschnittlich in jedem dritten Jahr mit einem Wasserdefizit von 199 mm zu rechnen ist. Die Region Scuol überschreitet die festgelegte Wasserdefizithöchstgrenze von 70 mm in 13 von 20 untersuchten Jahren. Folglich ist die Region Scuol bewässerungsbedürftig.

Jahr	Sommermaxima des Wasserdefizits rangiert (in mm)	Erklärende Bemerkungen
2001	-88	In sieben von 20 untersuchten Jahren wird die Wasserdefizithöchstgrenze von 70 mm nicht überschritten, d.h. in diesen Jahren besteht keine Bewässerungsbedürftigkeit.
1999	-17	
1987	22	
2002	43	
1995	52	
1990	59	
2000	66	
1988	122	In 13 von 20 untersuchten Jahren wird die festgelegte Wasserdefizithöchstgrenze von 70 mm überschritten, d.h. in diesen Jahren besteht eine Bewässerungsbedürftigkeit.
1985	125	
1997	137	
1986	145	
1989	148	
1998	169	
2004	199	
1992	202	Dieser Abschnitt entspricht dem Drittel der untersuchten Jahre mit den höchsten Wasserdefiziten.
1994	203	
1991	211	Diese Wasserdefizite übersteigen den festgelegten Grenzwert von 70 mm deutlich.
1996	214	
1993	261	
2003	309	

Tab. 3.1: Sommermaxima der Wasserdefizite von 1985 bis 2004 für die Station Scuol (Datenquelle: MeteoSchweiz), Bemerkung: ein Überschuss wird mit -, ein Defizit mit + bezeichnet.



Wo besteht eine Bewässerungsbedürftigkeit im Kanton Graubünden?

Die Evapotranspiration konnte aufgrund der Datenerhebung nur für die acht Stationen Chur, Davos, Disentis/Mustér, Hinterrhein, Magadino, Robbia, Samedan und Scuol berechnet werden. Die Auswertungen dieser Daten ermöglichten eine exakte Entscheidung über die Bewässerungsbedürftigkeit im Bereich der acht Stationen. Es stellte sich heraus, dass die Stationen Chur, Samedan und Scuol eine klare Bewässerungsbedürftigkeit aufzeigen. Deutlich nicht bewässerungsbedürftig sind hingegen die Stationen Davos, Disentis/Mustér, Hinterrhein und Magadino. Die Station Robbia (Puschlav) bildet einen Grenzfall. Zur Bejahung der Bewässerungsbedürftigkeit mussten hier detailliertere Untersuchungen unter Einbezug der Bodendaten und Fallwinde durchgeführt werden. Um Aussagen über die Bewässerungsbedürftigkeit

über das gesamte Gebiet des Kantons Graubünden machen zu können, wurde mit den Resultaten der genannten Stationen eine Interpolation des durchschnittlichen Niederschlages und der Evapotranspiration von April bis September über die Periode 1985 bis 2004 erarbeitet (Interpolation durch die Firma Meteodat GmbH). Die Überlagerung der Niederschlags- und der Evapotranspirationskarte (2 km Raster) ergab die gewünschte Karte der mittleren Wasserbilanz von April bis September über die Jahre 1985 bis 2004. Als bewässerungsbedürftig wurden all jene Gebiete bezeichnet, die ein Wasserdefizit aufweisen.

Folgende Regionen des Kantons Graubünden konnten als bewässerungsbedürftig eingestuft werden: Churer Rheintal, Region Ilanz, Region Domleschg/Heinzenberg, Region Mittelbünden, Region Unter- und Oberengadin und Münstertal, Region Puschlav.



Das ALG und LBBZ haben in der Studie „Bewässerungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen in Graubünden“ nachgewiesen, in welchen Regionen des Kantons ein erhöhter Wasserbedarf besteht. Mit der Zunahme von trockeneren und heisseren Sommern steigt in der Landwirtschaft das Bedürfnis nach Bewässerung.



Prognosen und Massnahmen

Die tendenzielle Veränderung des Klimas hin zu einer globalen Erwärmung wird auch in der Landwirtschaft Graubündens Auswirkungen haben. Es ist geschichtlich erwiesen und anhand einer Vielzahl von Zeugen in der Landschaft dokumentiert, dass sowohl in Süd- wie in Mittelbünden bis hinein ins Bündner Oberland die Flurbewässerung Tradition hatte. Ab Mitte des letzten Jahrhunderts sind die Vegetationsperioden offenbar feuchter gewesen, denn mit der Abnahme der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft sind auch die Bewässerungsanlagen ohne spürbare Ertragseinbussen weitgehend aufgegeben worden.

Die Auswertungen von Rebecca Göpfert (ALG, 2007) konnten die Defizite an Wasser für landwirtschaftliche Kulturen für dieselben Gebiete aber auch für die heutige Zeit bestätigen. So zeigten extreme Trockenjahre immer wieder auch die Empfindlichkeit der in Graubünden weit verbreiteten Graswirtschaft. Wird die Trockenheit – wie in der Periode 2003 - 2007 – wieder zunehmen, ruft das unweigerlich nach entsprechend wirksamen Gegenmassnahmen.

Gegenmassnahmen zur Überwindung der Trockenheit können für die Landwirtschaft in zwei Richtungen gefunden werden: 1) Änderung der Betriebsrichtung hin zu vermehrtem Ackerbau mit Kulturen geringerer Wasserbedürftigkeit und 2) die Investition in Bewässerungsanlagen. Im Futterbau kann mit dem Anbau von weniger trockenheitsanfälligen Pflanzenarten wie zum Beispiel Luzerne reagiert werden.

Entgegen den Werten von Grünland zeigen verschiedene Getreidearten einen spürbar geringeren Wasserbedarf. Der weitverbreitete Bergackerbau früherer Zeiten trug auch diesem Kriterium in idealer Weise Rechnung. Einer akuten Trockenheit halten natürlich auch die Getreide nicht stand und Ernteauffälle sind die Folge. Die verbreitete Umstellung von der Graswirtschaft auf den Getreideanbau und die damit verbundene Reduktion der Tierbestände hätten allerdings Konsequenzen auf den Arbeitsaufwand und die finanzielle Situation. Denn die Erträge im Bergackerbau sind relativ tief und die bäuerlichen Einkommen damit eingeschränkt.

Bewässerungsanlagen nach modernem Zuschnitt verlangen relativ hohe Investitionskosten, können dann aber erfolgreich zur Bekämpfung der Trockenheit eingesetzt werden und sichern damit die gewohnten Erträge. Hier stellt sich aber die Frage der Verfügbarkeit von Bewässerungswasser. Wohl anerkennt das Gewässerschutzgesetz das Bedürfnis der Landwirtschaft für Bewässerungen und ermöglicht damit Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern. Die Auflagen dazu sind aber meist gross und die Entnahmeanlagen teuer. Zudem ist bei erwartetem Klimawandel auch mit einem Rückgang der Gletscher zu rechnen, womit zuverlässige Quellen von Oberflächen- und damit Bewässerungswasser zunehmend versiegen werden (vgl. Kap. 3.1). Auch erwachsen Beregnungsanlagen erhebliche Schwierigkeiten seitens des Natur- und Umweltschutzes.

Im Hinblick auf den gegenwärtigen und vorausgesagten Klimawandel ändern sich nicht nur Temperaturen und Niederschlagsverhältnisse, sondern auch die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Von besonderer Bedeutung ist hier das Kohlendioxid (CO_2), welches eine Voraussetzung für die Photosyn-

Bewässerungsbedürftigkeit im Kanton Graubünden

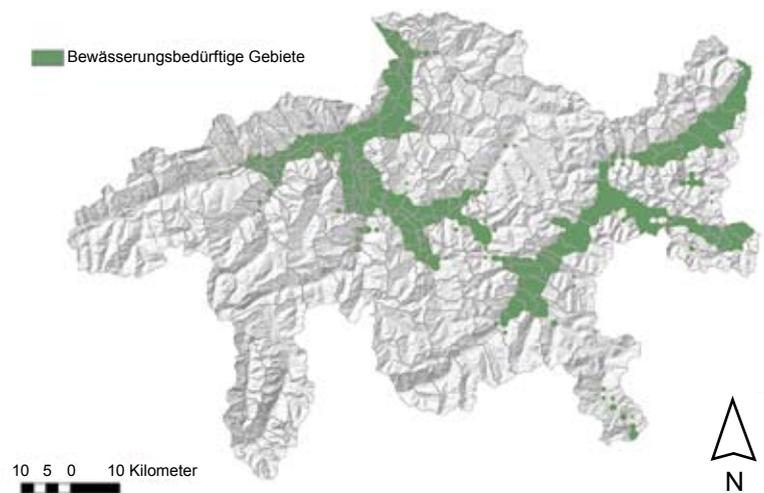


Abb. 3.6: Bewässerungsbedürftige Gebiete im Kanton Graubünden. Quelle: ALG/LBBZ. Kartengrundlage: Reliefkarte DOM 25©EBP/sarmap.



these ist. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird von jetzt 380 ppm auf zirka 450 - 500 ppm in den nächsten 50 bis 100 Jahren ansteigen. Es ist bekannt, dass das Pflanzenwachstum durch erhöhtes CO₂ gefördert wird. Die Art und das Ausmass dieser Wachstumszunahme hängen jedoch von der Pflanzenart und den Wachstumsbedingungen ab. Es ist auch denkbar, dass vermehrter Wasserstress diese mögliche Wachstumszunahme wieder hemmt.

Literatur:

J. Nievergelt, FAP Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, „Definition Ertragssicherung, Anwendung im Projekt Flaach“, 1986.

W. Achtnich, „Bewässerungslandbau, Agrotechnische Grundlagen der Bewässerungswirtschaft“, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1980.



Moderne Bewässerungsanlagen sind teuer. Sie können dann aber erfolgreich zur Bekämpfung der Trockenheit eingesetzt werden und sichern damit die gewohnten Erträge. Das ALG/LBBZ beobachtet in welchen Regionen im Kanton Graubünden eine Bewässerungsbedürftigkeit besteht.



3.3 Auswirkungen der Klimaveränderung auf den wasserbaulichen Hochwasserschutz

Marcel Roth und Andri Bischoff, Tiefbauamt Graubünden, Abteilung Wasserbau

Klimaexperten sagen für die Zukunft grössere Hochwasser vorher und zwingen deshalb den Wasserbau, seine bisherige Praxis zu überdenken. Die resultierende Anpassungsstrategie muss flexibel gestaltet und laufend aktualisiert werden. Ein integrales Risikomanagement wird diesen Anforderungen am besten gerecht. Dazu gehören mehrstufige Schutzkonzepte und Schutzbauten, die gutmütig versagen. Sie führen auch im Überlastfall zu bewältigbaren Ereignisabläufen.

Einleitung

Der Hochwasserschutz orientiert sich am Grundsatz der Nachhaltigkeit. Ziel ist der Schutz von Menschenleben, der Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen und der Schutz erheblicher Sachwerte mit einem ökonomisch vertretbaren Aufwand. Für den Kanton Graubünden, der auch als Land der 150 Täler mit mindestens ebenso vielen Wildbächen und Flüssen gilt, ist dieser Hochwasserschutz von grosser Bedeutung. Der Wasserbau gehört zu den wirkungsvollsten Instrumenten dieses Hochwasserschutzes. Die zukünftige Weiterentwicklung des Wasserbaus hängt unter anderem von den zu erwartenden Klimaänderungen ab, welche für die Zeit bis Mitte des 21. Jahrhunderts (2050) von Experten anhand des heutigen Wissensstands prognostiziert werden.

Vorhersagen der Klimaänderung

Einfluss auf Hochwasser

In Gebieten unterhalb 1500 m ü.M. sind im Winter durch stärker gesättigte Böden (Niederschlagszunahme) und durch verstärkte Niederschlagsintensitäten höhere Hochwasserspitzen zu erwarten. Trotz Erwärmung muss gelegentlich mit einer Schneedecke und mit kombinierten Schmelz-/Regenereignissen gerechnet werden. Der Einfluss von Schmelzereignissen nimmt mit der Höhenlage der Einzugsgebiete

zu. Sie können sich bis ins Frühjahr erstrecken. Im Sommer werden die Hochwasser besonders in tieferen Lagen geringer ausfallen, weil die Abflussbereitschaft der Böden durch verringerte Niederschläge und höhere Verdunstung deutlich reduziert ist. Allerdings ist zu beachten, dass im Sommer immer auch mit Gewittern zu rechnen ist, welche hauptsächlich in kleineren Einzugsgebieten zu Hochwassern führen können.

In Gebieten auf der Alpennordseite über 1500 m ü.M. steigen die Abflüsse im Winter wegen gelegentlicher Regenfälle an. Im Frühjahr gibt es weiterhin kleine Schmelzhochwasser. Die Spitzen sind jedoch grösser als heute. Die Jahreshochwasser werden wie bisher im Sommer auftreten und voraussichtlich nicht grösser werden. Im Herbst sind kaum Veränderungen zu erwarten.

Auf der Alpensüdseite und im Engadin werden im Winter und Frühjahr als Folge der höheren Niederschlagssummen und Niederschlagsintensitäten die Hochwasser grösser. Im Sommer dürfen wegen abnehmender Niederschlagssummen kleinere Abflussspitzen erwartet werden. Massgebend für die Jahreshochwasser bleiben die Ereignisse im Herbst, wobei diese eher grösser werden.

Einfluss auf Feststofftransport

Das Volumen der erosionsgefährdeten Feststoffe nimmt in den Alpen in hohen Lagen deutlich zu. Gründe sind der Rückzug der Gletscher und das Auftauen von Permafrost in Gebieten zwischen rund 2300 und 2800 m ü.M.. Weil zudem mehr Niederschlag in Form von Regen anstatt Schnee fallen wird und wegen den höheren Niederschlagsintensitäten wird der Feststofftransport zunehmen. Dies gilt sowohl für den fluvialen Transport als auch für Murgänge.



Anpassungsstrategie des Wasserbaus

Vor diesem Hintergrund muss aus Vorsorgegründen für den Wasserbau eine Anpassungsstrategie eingeleitet werden, die zwar die mögliche Entwicklung der nächsten Jahrzehnte berücksichtigt, aber auch den bestehenden Unsicherheiten Rechnung trägt. Festlegungen sollen daher als Kernelement enthalten, dass sie einerseits langfristig unschädlich und gleichzeitig bei Bedarf (z. B. bei neuen Erkenntnissen der Klimaforschung) aus- und erweiterbar sind („flexible and no regret“-Strategie). Dies bedingt eine konsequente Umsetzung eines integralen Risikomanagements, das wie folgt charakterisiert werden kann:

- Bei der Planung von Massnahmen ist die Auswirkung der Klimaänderung durch geeignete Szenarien zu berücksichtigen.
- Es sind die schlimmsten zu erwartenden Szenarien zu betrachten, um daraus den Raumbedarf der Fliessgewässer zur Ableitung von Extremereignissen festzulegen. Dieser Raum ist zu sichern.

- Bautechnische Schutzmassnahmen müssen so konzipiert sein, dass sie sich mit vertretbarem Aufwand anpassen lassen. Konstruktive Hochwasserschutzmassnahmen müssen robust und überlastbar sein.
- Der Berücksichtigung des Überlastfalls bei der Planung und Realisierung von Massnahmen kommt im Zusammenhang mit der Klimaänderung eine erhöhte Bedeutung zu.
- Restrisiken lassen sich nie vermeiden, sind aber durch sekundäre Massnahmen (Objektschutz) und organisatorische Vorkehrungen (Notfallplanung und Notfallkonzepte) zu minimieren.

Auf europäischer Ebene wird zudem diskutiert, die Klimaänderung durch eine generelle Erhöhung der Bemessungsabflüsse zu berücksichtigen. Dies soll durch einen Zuschlag („Klimaänderungsfaktor“) zum derzeit gültigen Bemessungswert erfolgen. In der Schweiz wurde bisher auf die Einführung solcher



Aus einem Bächlein wird bei einem Starkniederschlagsereignis ein reissender Bach. Das TBA verfolgt im Wasserbau für die prognostizierten grösseren Hochwasserereignissen eine konsequente Umsetzung eines integralen Risikomanagements.



pauschalen Zuschläge bewusst verzichtet. Zum einen können diese Faktoren nach heutigem Wissensstand nicht zuverlässig genug quantifiziert werden, zum anderen bietet eine solche Lösung keine wesentlichen Vorteile gegenüber einem Schutzkonzept, das den Überlastfall einbezieht, wie das nachfolgend beschrieben wird.

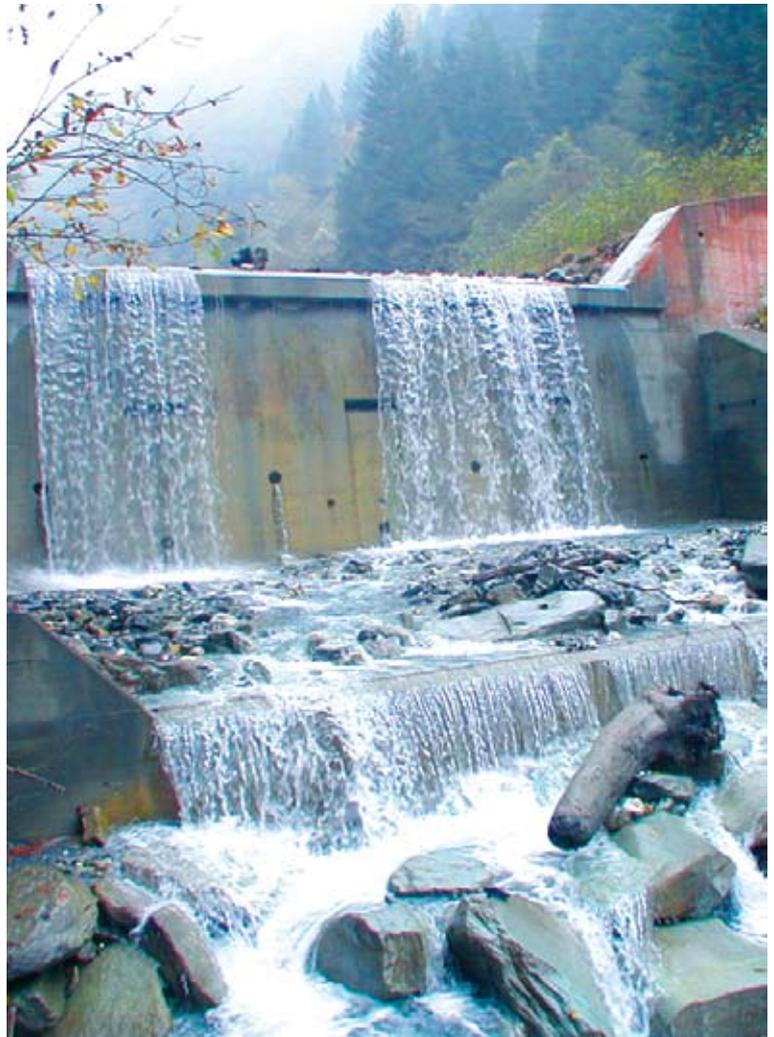
Überlastfall

Schutzbauten werden meist nach ökonomischen Kriterien erstellt. Das bedeutet, die Schutzbauten werden auf eine vordefinierte Grenzbelastung hin bemessen, bis zu welcher keine Schäden auftreten. In diesem Zusammenhang stellt sich aber die Anschlussfrage nach dem Verhalten der Schutzbauten im Überlastfall, wenn die Grenzbelastung überschritten wird. Mit der Klimaänderung sind solche Überlastfälle häufiger zu erwarten als bisher, weil die Belastungen tendenziell zunehmen.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Auslegung der Schutzbauten muss dabei die Schadensentwicklung in Abhängigkeit der Belastung sein. Abb. 3.7 zeigt schematisch verschiedene mögliche Schadensentwicklungen für alternative Schutzkonzepte. Kurve a) repräsentiert ein einstufiges Schutzkonzept, das bei Erreichen der Grenzbelastung vollkommen und kollapsartig versagt. Der Schaden tritt plötzlich auf und vergrößert sich mit zunehmender Belastung weiter. Demgegenüber zeigt Kurve b) ein mehrstufiges Schutzkonzept, bei dem mit steigender Belastung nacheinander mehrere Schutzbauten zum Tragen kommen und gestaffelt versagen. Das Schadensausmass kann auf diese Weise bei vergleichbarer Belastung wesentlich reduziert werden. Eine nochmalige Verbesserung wird erreicht, wenn der Schutzbau ein gutmütiges Verhalten zeigt, d. h. wenn er bei Erreichen der Grenzbelastung nicht kollapsartig versagt, sondern zeitlich verzögert (Kurve c). Im Idealfall nimmt der Schaden in Abhängigkeit von der Belastung langsam und stetig zu (Kurve d). Damit bleibt im Ereignisfall mehr Zeit, Notfallmassnahmen zu treffen oder zumindest eine akute Gefährdung von Mensch und Umwelt zu vermeiden.

Schlussbemerkungen

Die unverzügliche und dauerhafte Bekämpfung der Ursachen des Klimawandels ist eine vorrangige Aufgabe der Gesellschaft. Mit Anpassungsstrategien im Wasserbau kann nur den einzelnen Symptomen der Klimaänderung begegnet werden. Die Ursachenbekämpfung liegt jedoch nicht im Wirkungsbereich des Wasserbaus. Die vorgesehene Anpassungsstrategie ist dennoch äusserst flexibel und kann bei Bedarf jederzeit ergänzt oder modifiziert werden, falls sich die Klimaänderungen wider Erwarten in eine andere Richtung entwickeln, als die Experten zur Zeit vorhersagen.



Schutzbauten werden auf eine vordefinierte Grenzbelastung hin bemessen, bis zu welcher keine Schäden auftreten. Für das Verhalten der Schutzbauten im Überlastfall, wenn die Grenzbelastung überschritten wird, verfolgt das TBA verschiedene Schutzkonzepte, Foto TBA, Wildbachsperre in der Nolla.



Literatur

C. Frei, MeteoSchweiz, „Die Klimazukunft der Schweiz – Eine probabilistische Projektion“, 2006.

W. Hennegriff et al., „Klimawandel und Hochwasser. Erkenntnisse und Anpassungsstrategien beim Hochwasserschutz“, *KA – Abwasser, Abfall* (53) Nr. 6, 770–779, 2006.

Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband (KOHS), „Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz“, *Wasser Energie Luft*, 99. Jahrgang, Heft 1, 55–57, 2007.

H.-E. Minor, Wasserbau an der TU München, „Der Überlastfall bei Hochwasserschutzprojekten“, Tagungsband anlässlich des Abschieds von Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Theodor Strobl, *Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft*, Band Nr. 110, 18–25, 2007.

Schadensentwicklung bei Schutzbauten

Kosten als Funktion der Belastung

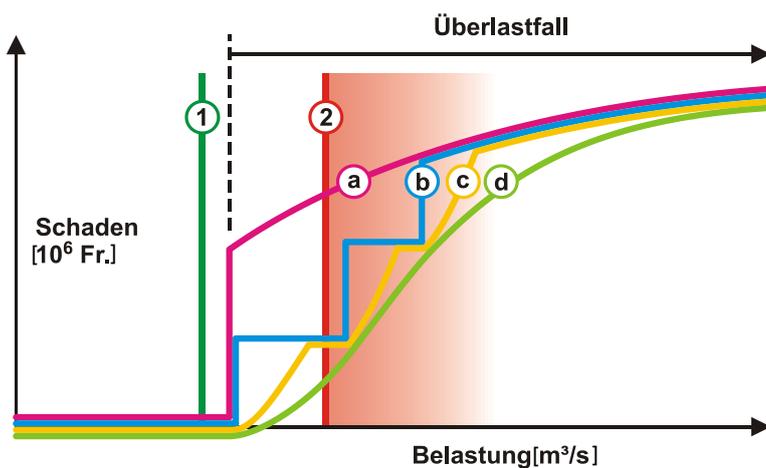


Abb. 3.7: Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Auslegung der Schutzbauten ist die Schadensentwicklung in Abhängigkeit der Belastung. Schadensfunktionen für verschiedene wasserbauliche Schutzkonzepte (a-d); 1: Belastung ohne Klimaänderung, 2: Belastung mit Klimaänderung.

Fauna und Flora



4. Risiken der Klimaveränderung für Fauna und Flora

- 4.1 Entwicklung des Ökosystems Wald
- 4.2 Risiken der Klimaerwärmung für die Fischfauna und das Wild
- 4.3 Beobachtungen aus der Tier- und Pflanzenwelt



Die Anhebung der oberen Waldgrenze und die Verschiebung der Waldhöhenstufen sind sichtbare Auswirkungen der Klimaveränderung. Trockenheit ertragende Baumarten werden in Zukunft das Bild des einheimischen Waldes prägen. Der Wald als Ökosystem wird insgesamt grossen Veränderungen unterworfen sein. Prognosen über die künftige Entwicklung des Waldes sind jedoch wegen der komplexen Zusammenhänge schwierig und mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Bei der Fischfauna und beim Wild sind die Folgen des Klima-Wandels dagegen klarer prognostizierbar. Viele gleichzeitig eintretende Faktoren wie Temperaturanstieg, abnehmende Wasserpegel im Sommer und Hochwasser zur Laichzeit deuten darauf hin, dass die einheimischen Fischarten Bachforelle und Aesche in ihrem Lebensraum stark bedroht sein werden. Beim Wild begünstigen die erhöhten Temperaturen das Auftreten von Schädlingen und Tierkrankheiten.

Viele Pflanzen- und Tierarten werden aber auch von der Klimaerwärmung profitieren. Arten aus tieferen Lagen und wärmeren Klimazonen werden sich ausbreiten und die einheimische Flora und Fauna in höher gelegene Regionen verdrängen. Dabei wird die an extreme Bedingungen angepasste Gipfflora in ihrer Existenz am stärksten bedroht, denn ein Ausweichen in noch höher gelegene Lebensräume wird nicht mehr möglich sein. Das Einwandern neuer Arten birgt aber auch Risiken, wie die Beispiele der Pflanze Ambrosia und der Tigermücke zeigen.

4. Ristgas da la midada dal clima per la fauna e per la flora

- 4.1 Svilup dal sistem ecologic „guaud“
- 4.2 Ristgas da la stgaurada dal clima per la fauna dals peschs e per la selvaschina
- 4.3 Observaziuns dal mund da la fauna e da la flora

L'auzament dal cunfin dal guaud ed il spustament dals stgalims d'atezza dal guaud èn consequenzas vesavilas da la midada dal clima. Spezias da plantas che supportan la sitgira vegnan a caracterisar en l'avegnir il maletg dal guaud indigen. Il guaud sco sistem ecologic vegn tut en tut ad esser suttamess a grondas midadas. Prognosas davart il svilup futur dal guaud èn difficilas e fitg malsegiras.

Per la fauna dals peschs e per la selvaschina pon las consequenzas da la midada dal clima dentant vegnir prognostitgadas meglier. Bliers facturs che han lieu a medem temp – sco l'augment da la temperatura, la reducziun dals livels da l'aua durant la stad ed auas grondas durant il temp da fregar – mussan ch'il spazi da viver da las spezias da peschs indigens, sco la litgiva d'aua e la litschala, vegn ad esser periclità fermamain. Tar la selvaschina promovon las temperaturas pli autas la derasaziun da parasits e da malsognas d'animals.

Bleras spezias da plantas e d'animals vegnan dentant er a profitar da la stgaurada dal clima. Spezias da regiuns pli bassas e da zonas climaticas pli chaudas vegnan a sa derasar ed a stgatschar la flora e la fauna indigena en regiuns pli autas. En quest connex è l'existenza da la flora dals pizs, ch'è s'adattada a cundiziuns extremas, periclitada il pli fitg, perquai ch'i n'è betg pli pussaivel da guntgir en spazis da viver anc pli auts. L'immigraziun da novas spezias porta dentant er privels, sco ch'ils exempels da la planta ambrosia e da la mustga-tigher mussan.



4. I rischi del cambiamento climatico per fauna e flora

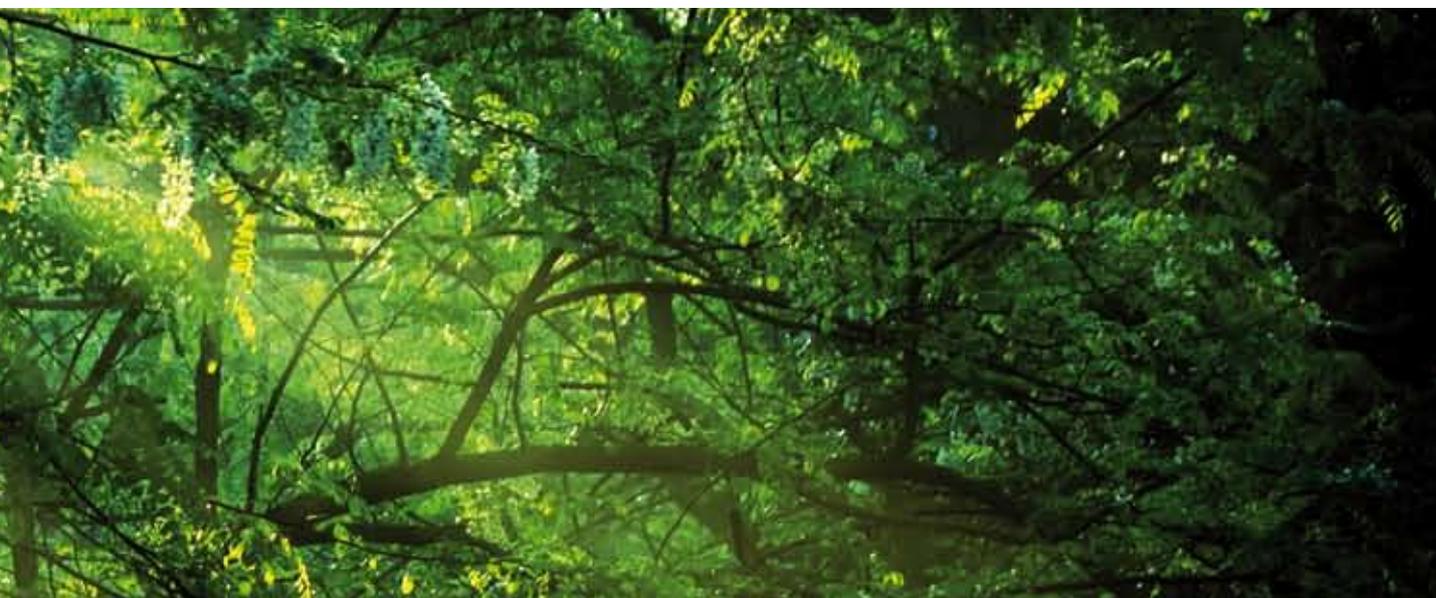
- 4.1 Lo sviluppo dell'ecosistema bosco
- 4.2 I rischi del riscaldamento climatico per la fauna ittica e la selvaggina
- 4.3 Le osservazioni concernenti il mondo animale e vegetale

Il rialzo del limite superiore del bosco e lo spostamento della zona altimetrica sono la dimostrazione visibile per il cambiamento del clima. Gli alberi che resistono bene alla siccità, in avvenire caratterizzeranno il bosco indigeno. Il bosco come ecosistema in futuro sarà assoggettato a notevoli cambiamenti. A causa delle complesse connessioni, le prognosi sul futuro sviluppo del bosco minacciano di essere difficili e assai insicure.

Le conseguenze del cambiamento climatico per la fauna ittica e la selvaggina sono per contro più pronosticabili. Molti fattori subentreranno contemporaneamente quali l'aumento della temperatura, il ridotto livello dell'acqua d'estate e le piene al momento della fregola, costituiscono un chiaro indizio per il fatto che le specie indigene dei pesci, quali la trota comune e il temolo, saranno notevolmente minacciate nel proprio spazio vitale.

Per la selvaggina le temperature superiori incrementano la presenza dei parassiti e delle malattie.

D'altra parte, numerose piante e specie animali trarranno vantaggio dal riscaldamento climatico. Le specie provenienti dalle quote più basse e da zone climatiche più calde si moltiplicheranno scacciando la flora e la fauna indigene, che a loro volta si sposteranno verso regioni più elevate. Sotto tale punto di vista, la flora esistente a quote massime sarà la più minacciata, visto che non ha la possibilità di sfuggire ancora più in alto. L'immigrazione di nuove specie comporta anche dei rischi, basta pensare all'ambrosia oppure alla zanzara tigre.



4.1 Entwicklung des Ökosystems Wald

Ueli Bühler, Amt für Wald

Lebensgemeinschaft Wald und Klima

Jedem Klima seine Baumart

Damit an einem bestimmten Ort in Graubünden Wald gedeihen kann, muss die Jahresmitteltemperatur über etwa 0°C liegen. Diese Regel bestimmt den Verlauf der oberen Waldgrenze. Innerhalb des Waldaerals beeinflussen die jährliche Niederschlagsmenge und die Jahresmitteltemperatur zusammen mit anderen Faktoren (z.B. geologischer Untergrund) die Baumartenzusammensetzung (Abb. 4.1). Deshalb sind die beiden Klimafaktoren Niederschlag und Temperatur zu einem grossen Teil verantwortlich für die in Graubünden festzustellende Abfolge der Waldhöhenstufen. Diese umfassen von unten nach oben: Buchen-, Buchen-Tannen-, Tannen-Fichten-, Fichten- und schliesslich Lärchen-Arven-Wälder. Auf sehr trockenen Standorten stocken anstelle von Fichte oder Buche Waldföhre bzw. Traubeneiche. Gewässer werden zudem von Auenwäldern gesäumt (Abb. 4.2).

Ein anhaltender Temperaturanstieg lässt also in einer ersten Annäherung ein Anheben der oberen Waldgrenze sowie eine Verschiebung der Waldhöhenstufen nach oben erwarten. Durch den Rückgang der Niederschläge wird zudem eine Verschiebung zugunsten von trockenheitsertragenderen Baumarten stattfinden. Der prognostizierte Temperaturanstieg von 2°C und die erwartete Abnahme der Jahresniederschlagsmenge um ca. 100 mm bis zum Jahr 2050 (Frei et al., 2008) ist in Abb. 4.1 als Vektor dargestellt. Die Grösse dieses Pfeils im Vergleich zur Grösse der Verbreitungsareale zeigt, dass diese Veränderungen ansehnliche Gebiete betreffen werden, und dies in einem Zeitraum von weniger als einer halben Baumgeneration.



In den Wäldern Graubündens gibt es rund 50 Baumarten, welche in Waldhöhenstufen angesiedelt sind. Das AfW führt Inventar über die aktuelle Verbreitung der Waldhöhenstufen. Der erwartete Temperaturanstieg führt zu einer Anhebung der oberen Waldgrenze und einer Verschiebung der Waldhöhenstufen. Trockene Sommer fördern zudem das Wachstum von Trockenheit ertragenden Baumarten, Foto AfW.



Verbreitungsareale der Hauptbaumarten

Fläche in Abhängigkeit von T. (°C) und Niederschlag (mm), 1978 - 2008

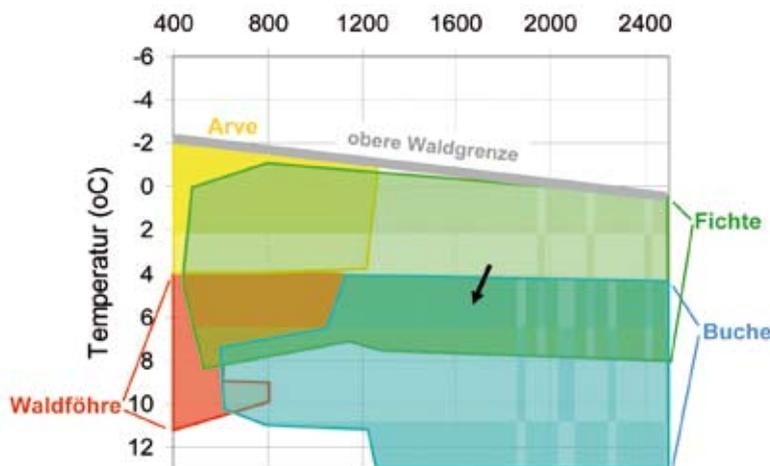


Abb.4.1: Verbreitungsareale der Hauptbaumarten in Abhängigkeit von Jahresniederschlag und Jahresmittel der Lufttemperatur, nach Ellenberg 1996 für den Alpenbereich, vereinfacht. Ein Anstieg der Temperatur um 2°C und eine Abnahme der Niederschlagsmenge um 100 mm, wie sie bis zum Jahr 2050 ungefähr zu erwarten sind (Frei et al., 2008) führen zu einer Verschiebung gemäss dem schwarz eingezeichneten Pfeil. Damit gelangen heute über der oberen Waldgrenze gelegene Gebiete neu in das Verbreitungsgebiet von Fichte und Arve. Umgekehrt gehen Gebiete im unteren Bereich verloren.

Verbreitung der Waldhöhenstufen in Mittelbünden

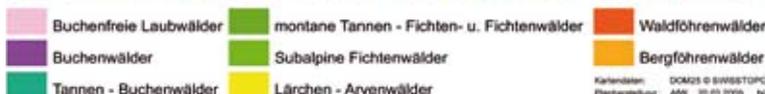
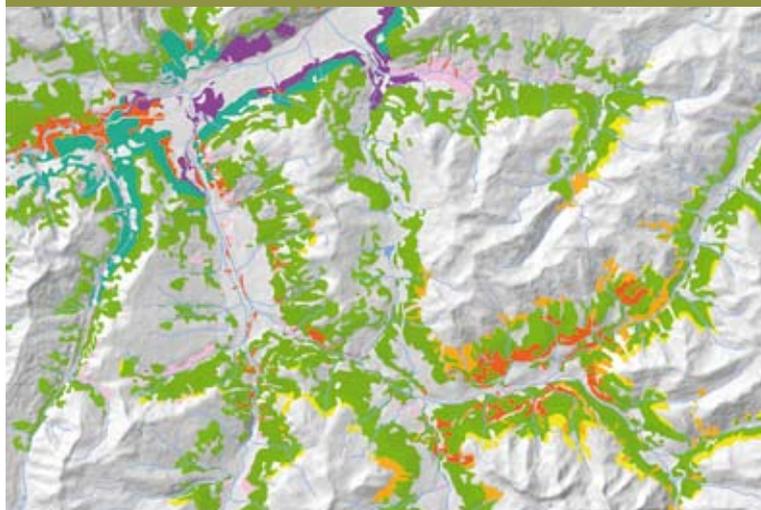


Abb.4.2: Aktuelle Verbreitung der Waldhöhenstufen in Mittelbünden (Lenzerheide im Zentrum). Die erwarteten Klimaveränderungen dürften in einer ersten Annäherung zu einem Höhensteigen der einzelnen Stufen führen. Anders verhalten dürften sich die Auenwälder (hier in den ‚buchenfreien Laubwäldern‘ eingeschlossen), sowie die Wald- und Bergföhrenwälder, deren Verbreitung nicht in erster Linie durch die Temperatur bestimmt wird.

Was noch so lebt im Wald

Nebst den in Abb. 4.1 dargestellten fünf Hauptbaumarten kommen in Graubünden weitere ca. 45 einheimische Baumarten vor. Die meisten von ihnen treten nicht herrschend, sondern beigemischt auf. Über das Gedeihen einer Baumart entscheiden nämlich nicht nur die Standortfaktoren, vielmehr spielt auch die vorhandene Konkurrenzsituation eine wesentliche Rolle. So kommt etwa die Waldföhre in der ungestörten Natur vor allem auf Standorten vor, welche für sie verhältnismässig trocken oder sehr feucht sind. Auf den für diese Baumart optimalen Standorten sind ihr dagegen andere Baumarten wie Buche oder Fichte so überlegen, dass sie dort unter natürlichen Bedingungen kaum aufwachsen kann. Als Folge des Zusammenwirkens von Mitlebewesen ist das Verbreitungsareal einer Art gegenüber dem von den physiologischen Voraussetzungen grundsätzlich besiedelbaren Gebiet also eingeschränkt (‚ökologische Begrenzung‘).

Ökologische Grenzen werden den Bäumen nicht nur von anderen Baumarten gesetzt, sondern auch von Pilzen und Tieren, ja in der Phase der Waldverjüngung auch von Krautpflanzen. Dabei gibt es in diesen Reihen nicht nur Gegenspieler, wie z.B. die Pilzart Hallimasch oder die Borkenkäferart Buchdrucker bei der Fichte, sondern auch Helfer wie etwa der Ameisenbunkkäfer, der sich räuberisch von Borkenkäfern ernährt oder samenverbreitende Vogelarten. So weisen unsere Wälder ein unüberschauberes Netz von Wechselbeziehungen zwischen den zahlreich vorhandenen Pflanzen- und Tierarten auf, welche die effektive Verbreitung der Baumarten mitbestimmen. Wie sich die erwarteten Klimaveränderungen auf diese komplexen Wirkungsgefüge auswirkt, kann heute nicht sicher vorausgesagt werden.

Während also die Auswirkung der vorausgesagten Klimaverschiebung auf die physiologisch möglichen Verbreitungsgebiete unserer Baumarten vielleicht noch abgeschätzt werden kann, müssen die Auswirkungen auf die ökologischen Begrenzungen spekulativ bleiben. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich deshalb auf Beispiele.

Fallbeispiele -

Trockenstress bei der Waldföhre

Mit der Zunahme der Temperatur seit 1980 häufte sich im Walliser Rhonetal das Absterben von Waldföhren. Anstelle der Waldföhren gedeihen dort mehr und mehr Flaumeichen, die sich als recht vital erweisen. Eine umfassende Studie über die Ursachen dieses Baumarten - Wechsels zeigte, dass eine Vielzahl von Faktoren an diesem Phänomen beteiligt sind (Rigling et al., 2006). Die Niederschlagssumme blieb zwar konstant, doch nahm die Zahl der Hitzetage (Tagesmitteltemperatur > 20 °C) zu, was zu einer erhöhten Verdunstung und schliesslich zu Trockenstress bei den Waldföhren führte. Nebst dieser direkten Wirkung von Trockenheit auf die Waldföhre wurde eine Vielzahl von Organismen identifiziert, welche die Vitalität der Waldföhre zusätzlich einschränken. Das Auftreten dieser Pilz-, Pflanzen- und Tierarten wird durch die Klimaveränderungen beeinflusst (Abb. 4.3). Am Beispiel der Walliser Waldföhre tritt die Bedeutung von ökologischen Grenzen sehr deutlich zu Tage, sind es doch ausschliesslich Organismen des Waldökosystems selbst, welche als ‚finale Faktoren‘ wirken.

In Graubünden werden seit Ende der 1990er Jahre bei der Waldföhre ähnliche Phänomene wie im Wallis festgestellt, insbesondere in der weiteren Umgebung des Churer Rheintals und in der Valposchiavo. Allerdings vollzieht sich nur lokal ein deutlicher Baumartenwechsel, bei weitgehendem Fehlen der Flaumeiche. Es sind aber teilweise die gleichen Pathogene beteiligt wie im Wallis.

Das Waldföhrensterben im Wallis und teilweise auch in Graubünden ist in seinem Ausmass beunruhigend. Mitspielen dürfte dabei allerdings die Tatsache, dass wie bereits beschrieben, die Waldföhre ökologisch stärker an den Rand des von ihr physiologisch besiedelbaren Gebietes begrenzt ist als andere Hauptbaumarten.



Seit Ende der 90er Jahre beobachtet das AfW eine Einschränkung der Vitalität der Waldföhre. Die Vitalität wird von erhöhten Temperaturen und verstärkter Verdunstung eingeschränkt, sowie von bestimmten Tier-, Pilz- und Pflanzenarten, deren Auftreten von der Klimaänderung beeinflusst wird.

Waldföhrensterben im Wallis

Übersicht über die Faktoren, die die Vitalität beeinflussen

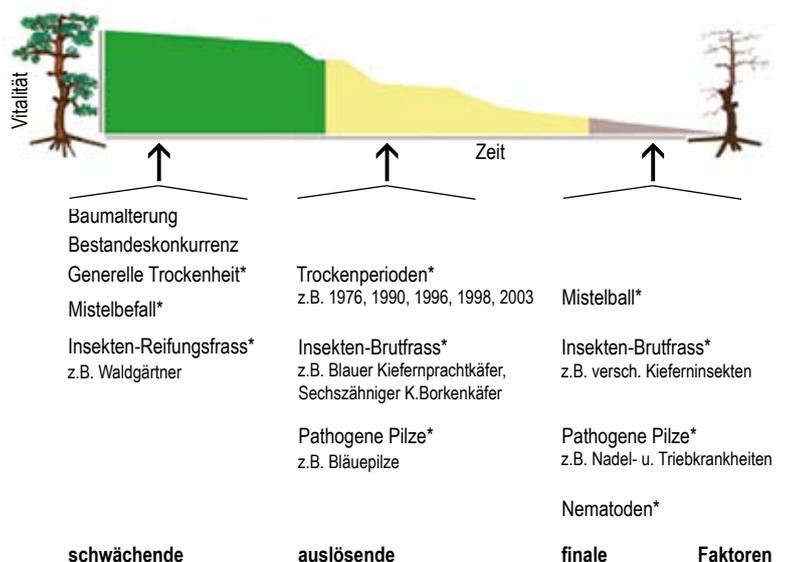


Abb. 4.3: Faktoren des Waldföhrensterbens im Wallis (Rigling et al. 2006). Die mit * markierten Faktoren werden direkt oder indirekt durch die Klimaveränderung beeinflusst.



In Graubünden wird eine deutliche Verschiebung verschiedener phänologischer Merkmale beobachtet. Besonders im Frühling wird eine Verfrühung verschiedener Phasen wie Vollblüte, Blattenfaltung oder Nadelaustrieb beobachtet. Diese Verfrühung ist eine direkte Folge der Klimaerwärmung. Foto: Hasel in Vollblüte, heute blüht diese Pflanze rund 1 Monat früher als noch vor 50 Jahren.

Beobachtungen in der Pflanzenphänologie in Graubünden

Verschiebung von Phänophasen in Tagen

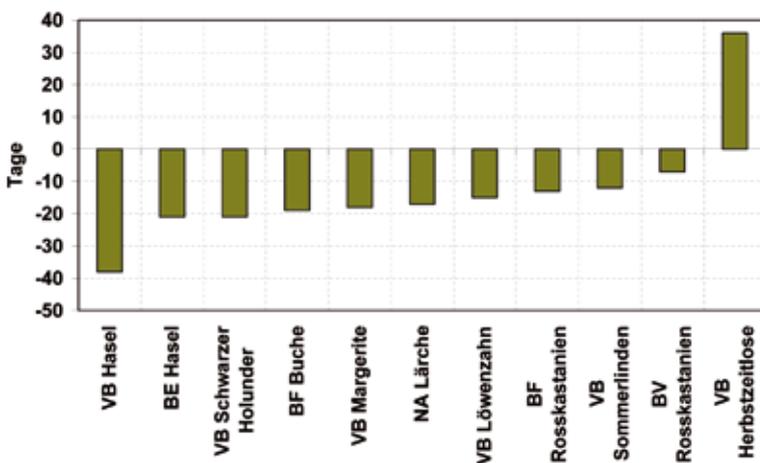


Abb. 4.4: Mittlere Verschiebung von Phänophasen in Tagen für die Beobachtungsstationen in Graubünden. VB = Vollblüte; BE = Blattenfaltung; NA=Nadelaustrieb; BV = Blattverfärbung; BF = Blattfall. Aus Defila (2003), basierend auf Daten von 1951 bis 1998.

Verschiebung der Vegetationszeit

An systematisch in Graubünden erhobenen Daten zur Pflanzenphänologie ermittelte Defila (MeteoSchweiz, 2003) signifikante Verschiebungen zwischen 1951 und 1998. In dieser Studie ist eine Zeitreihe definiert als ein während mind. 20 Jahren an einer Beobachtungsstation erfasstes phänologisches Merkmal. Von 62 Zeitreihen aus der Frühjahrsphase wiesen 16 und von 11 Zeitreihen aus der Sommerphase 4 eine Verfrühung auf. Von 26 Zeitreihen aus der Herbstphase wiesen 7 ebenfalls eine Verfrühung, 2 dagegen eine Verspätung auf. Die Verfrühung machte im Extremfall mehr als einen Monat aus (Abb. 4.4).

Die Verfrühung im Frühjahr ist mit grosser Sicherheit auf die in der untersuchten Periode erfolgte Erwärmung zurückzuführen, und es ist anzunehmen, dass sie mit dem prognostizierten weiteren Temperaturanstieg weiter anhält. Ihre Ausprägung nimmt mit steigender Höhe über Meer zu.

Eigentlich wäre zu erwarten, dass eine Erhöhung der Lufttemperatur zu einer Verspätung der Phänophasen im Herbst führt, wie dies z.B. bei der Vollblüte der Herbstzeitlose auch tatsächlich beobachtet wurde (Abb. 4.4). Die Mehrzahl der signifikanten Verschiebungen im Herbst betreffen aber Verfrühungen (z.B. Blattverfärbung der Rosskastanie). Vermutlich sind diese Verfrühungen wenigstens teilweise eine Folge vermehrter Sommertrockenheit. Sie legen damit offen, dass den betroffenen Ökosystemen in ihrer Anpassungsfähigkeit an die Klimaveränderungen Grenzen gesetzt sind.

Brisanz weist die Frage der phänologischen Verschiebungen aber vor allem auf, weil die zahllosen zwischen den verschiedenen Organismen eines Waldökosystems ablaufenden Wechselwirkungen oft auch zeitlich eng synochronisiert sind (z.B. Bienenflug und Weidenblüte). Auch hier sind Störungen durch Klimaveränderungen zu erwarten.



Extremereignisse

Bisher nicht erwähnt sind Extremereignisse wie Orkane oder Starkniederschläge, deren Auftretenswahrscheinlichkeit mit der Klimaveränderung offenbar zunehmen und die den Wald schlagartig massiv treffen können. So hat der Orkan ‚Vivian‘ vom 27./28. Februar 1990 im Kanton Graubünden Bäume mit einem Gesamtvolumen von über 630'000 Tariffestmetern geworfen, was einer knappen Verdoppelung der jährlichen Holznutzungsmenge (Jahreshiebsatz) entspricht. Solche Ereignisse sind nicht nur mit direkten ökonomischen Verlusten im Bereich der Holzproduktion verbunden, sondern verursachen mit ihrer Grossflächigkeit Probleme bei der Wiederbewaldung und unter Umständen bei der Aufrechterhaltung der Schutzwirkung.

In den montanen Fichtenwäldern sind solche Grossereignisse in der Regel mit Massenvermehrungen von Borkenkäferarten verbunden, insbesondere des Buchdruckers. Dadurch sterben in der Folge nochmals viele der zurückgebliebenen Fichten ab (Abb. 4.5).

Entwicklung des Buchdruckers nach dem Sturm Vivian 1990 Menge des Käferholzes [m³] und Anzahl Befallsherde

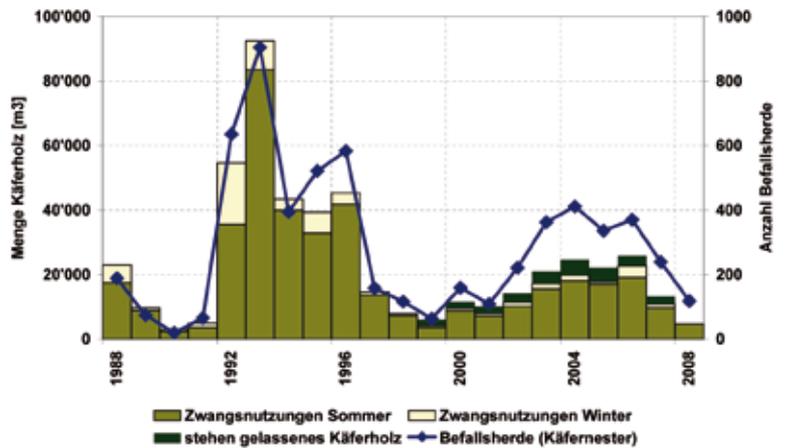


Abb. 4.5: Entwicklung des Buchdruckers (Borkenkäferart auf der Fichte) nach dem Sturmereignis Vivian von 1990. Die hohen Zahlen 1992 bis 1996 sind weitgehend als Folge einer Schwächung von Fichtenbeständen durch das Sturmereignis zu interpretieren. Trockenwarme Sommer erhöhen die Anfälligkeit der Fichten zusätzlich.



Handlungsbedarf

Schon die drei aufgeführten Beispiele zeigen, dass die vorausgesagten Klimaveränderungen nicht spurlos an unseren Wäldern vorbei gehen werden. Im Vergleich zum Rhythmus, nach welchem sich im Wald Baumgenerationen ablösen (80 bis über 300 Jahre), werden die Veränderungen dabei in geradezu horrendem Tempo ablaufen. Handlungsstrategien, die aus dieser Erkenntnis heraus festgelegt werden, müssen auch weitere, parallel zur Klimaänderung ablaufende Trends berücksichtigen, wie z.B.:

- Auftreten von Neobionten, d.h. von Pilz-, Pflanzen- und Tierarten, welche aus völlig anderen Ökosystemen durch den vermehrten globalen Austausch von Gütern eingeführt wurden. Einige von ihnen sind in der Lage, kleinste „ökologische Schwächen“ einheimischer Arten auszunützen und diese zu verdrängen (sogenannt invasive Arten). So breitet sich seit einigen Jahren in der Kastanienstufe der Mesolcina der aus Ostasien stammende Götterbaum mit grosser Vehemenz aus

und droht mit seinem extremen Wachstum Schutzwälder zu destabilisieren. Nicht sicher geklärt ist die Herkunft des erstmal 1991 in der Schweiz identifizierten Pilzes *Sphaeropsis sapinea*, der bei Föhren Triebsterben verursacht und auch am Absterben der Waldföhren im Churer Rheintal beteiligt zu sein scheint.

- Weiter andauernder Eintrag von Schadstoffen, welche insbesondere die Bodenfruchtbarkeit gefährden können (z.B. Beschleunigung der Bodenversauerung durch Eintrag von Stickstoffverbindungen, Flückiger & Braun, 2004).

Handlungsstrategien werden aber auch Gegebenheiten zu berücksichtigen haben, welche die Folge früherer Bewirtschaftung sind. So rührt z.B. die Gleichzeitigkeit der Absterbeprozesse in den Waldföhrenbeständen des Wallis auch davon, dass diese Waldungen aus grossflächigen Kahlschlägen von Ende des 19. Jahrhunderts hervorgingen und deshalb verhältnismässig gleichaltrig sind.

Ziel von Handlungsstrategien muss die Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit unserer Wälder sein. Eine optimale Anpassung der Wälder an neue Klimabedingungen dürfte sowohl der Schutzwirkung als auch der Produktivität förderlich sein. Zu befürchten ist, dass die Frage der Artenvielfalt aufgrund ihrer enormen Komplexität nicht à fonds in solche Überlegungen miteinbezogen werden kann.



Ziel der Handlungsstrategien des AfW ist die Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit der Bündner Wälder. Eine optimale Anpassung der Wälder an künftige Klimabedingungen werden sowohl der Schutzwirkung, als auch der Produktivität förderlich sein.



4.2 Risiken der Klimaerwärmung für die Fischfauna und das Wild

Marcel Michel, Hannes Jenny, Amt für Jagd und Fischerei

Vorbemerkungen

Bevor in die Zukunft geschaut und mögliche Entwicklungen prognostiziert werden, lohnt sich ein Blick zurück in die jüngere Vergangenheit. Wie haben sich das Wild, per Gesetz die Säugetiere und Vögel, und die Wassertiere Graubündens in den letzten 200 Jahren entwickelt, wo ergeben sich Defizite und wo hat sich die Situation in dieser Zeit gar verbessert? In den Entwicklungen bilden sich Schutzbemühungen ebenso ab, wie die Landschaftsentwicklung und die sich ändernde anthropogene Landnutzung.

Eine eigentliche Erfolgsgeschichte weisen die meisten Bestände der mittleren und grösseren Säugetiere und Greifvögel auf. Die nationalen und internationalen Schutzbemühungen haben zusammen mit der Reduktion der flächendeckenden land- und forstwirtschaftlichen Übernutzung dazu geführt, dass die Gäms-, Murmeltier- und Steinadlerbestände wieder anstiegen und dass Rothirsch, Reh, Alpensteinbock, Wildschwein und Bartgeier nach Graubünden zurückkehrten und lebensfähige Bestände aufbauen konnten. In der Folge erhalten auch Luchs, Wolf, Bär und Biber eine Existenzchance. Das noch gute Angebot an offenen Wäldern und an totholzreichen Waldbeständen ermöglichen noch heute gute Vorkommen von Auerhuhn, Haselhuhn, Weissrückenspecht und vielen weiteren Vogelarten.

Die Ausrottung des Fischotters hingegen, dürfte nicht so schnell rückgängig gemacht werden können, weil die Lebensgrundlage, nämlich fischreiche Gewässer, sehr selten geworden sind. In diesem Schicksal, das er mit diversen Fisch- und Amphibienarten teilt, widerspiegelt sich die desolate Situation der Fliessgewässer und der grundwasserabhängigen Feuchtgebiete. Ursachen dafür sind Kanalisierung der Hauptflüsse, tiefe, ökologisch ungenügende Restwassermengen,

Schwall-Sunk Betrieb der Kraftwerksanlagen, mangelnde Vernetzung von Lebensräumen und die Überbauung gewässernaher Lebensräume. Obwohl die Bodensee-Seeforelle 1986 kurz vor dem Aussterben gerettet werden konnte, reduzierte sich beispielsweise im Alpenrhein die Vielfalt von ursprünglich rund 30 auf zur Zeit 10 einheimische Fischarten.

Ähnliche Schicksale ereilten in den letzten 40 Jahren die Bewohner naturnaher Landwirtschaftsgebiete der Tieflagen. Der Übergang zur Intensivlandwirtschaft bewirkte, dass Ausgleichsflächen in Form von Hecken, Trockenstandorten, Feuchtwiesen, Lesesteinhaufen, etc. seltener und die Vegetationsdecke immer dichter wurden. Arten wie Feldhase, Feldlerche, Baumpieper, Braunkehlchen, etc. erlebten in diesen Lagen drastische Bestandeseinbussen. Gerade die positive Bestandesentwicklung des Feldhasen seit dem Tief von 1986 zeigt aber, dass sich der vermehrte Wechsel zur biologischen Landwirtschaft direkt auswirkt. Die Lebensräume in den Talböden der Alpentäler wurden zudem zerschnitten. Nachdem es zuerst die Dammbauten der Hauptflüsse waren, folgten ab den 1960er-Jahren die Infrastrukturbauten (A13, SBB, etc.). Heute zementieren Siedlungs- und Industrieüberbauungen diese negative Entwicklung. Boden- gebundene Säugetiere, Reptilien und Amphibien werden dadurch bei ihren Wanderungen stark behindert.

All diese Entwicklungen in Graubünden decken sich mit solchen in der übrigen Schweiz und in Mitteleuropa. Verglichen mit diesen Regionen sind die negativen Entwicklungen aber weniger weit und die positiven Entwicklungen deutlich weiter fortgeschritten. Graubünden hat also etwas zu verlieren, wenn weitere negative Faktoren dazukommen.



Bei der nachfolgenden Beurteilung folgen wir den gängigsten Prognosen, wonach die Sommer- und Wintertemperaturen zunehmen, die Sommerniederschläge deutlich ab- und die Winterniederschläge deutlich zunehmen, ebenso die extremen Witterungsereignisse wie Starkniederschläge und Sturmereignisse.



Die Bestandesentwicklung verschiedener Tierarten wird im Kanton Graubünden vom AJF beobachtet. Diverse Fisch- und Amphibienarten sind selten geworden. Ähnliche Schicksale ereilten in den letzten Jahrzehnten die Bewohner naturnaher Landwirtschaftsgebiete. Arten wie Feldhase, Feldlerche und Braunkehlchen erlebten drastische Bestandeseinbussen. Der Wechsel zur biologischen Landwirtschaft hat sich jedoch direkt positiv auf den Bestand dieser Tierarten ausgewirkt.

Klima-Erwärmung und Fische

Die Wassertemperatur ist ein Schlüsselfaktor für das Gewässer als Lebensraum. Die im Wasser lebenden Tier- und Pflanzenarten sind an gewisse Temperaturbereiche gebunden. Die Fliessgewässer des Kantons Graubünden gehören auf Grund ihrer Höhenlage mehrheitlich der Bachforellenregion an und stellen daher einen Lebensraum für kälteliebende Arten dar. So sind unsere beiden Leitfischarten, die Bachforelle und die Äsche, auf kalte und stabile Wassertemperaturen angewiesen, um ihren hohen Sauerstoffbedarf decken zu können. Insbesondere während ihrer Ei- und Embryonal-Entwicklung zeigen diese Kaltwasserarten eine geringe Toleranz gegenüber abweichenden Temperatur-Optima.

Eine Erwärmung der Gewässer würde somit die potenziellen Lebensräume dieser Kaltwasserfische verkleinern. Bei einem plausiblen Szenario von 2°C Temperaturerhöhung in alpinen Gewässern würde sich der Lebensraum um schätzungsweise 20-25% verringern. Da die Fische nicht in eine nächst höhere und damit kältere Fischregion abwandern können, würden sich die tiefer gelegenen Bachforellen- und Äschengewässer des Kantons zur sogenannten Barbenregion entwickeln, in der Temperatur tolerantere Weissfischarten dominieren. Weil sich aber ein anderer, nischenrelevanter Faktor, die Fliessgeschwindigkeit, nicht im selben Ausmass ändert, wird die ökologische Nische zerrissen. Temperaturtolerante Fische weisen ihr Verbreitungsoptimum meist bei tieferen Fliessgeschwindigkeiten auf.

Veränderte Temperaturbedingungen reduzieren aber nicht nur direkt den Lebensraum für Fische, sondern bedeuten auch zusätzlichen Stress aufgrund eines Sauerstoffmangels. Je höher die Temperatur, desto geringer die Sauerstoff-Löslichkeit des Wassers. Dies führt zu einer stark verminderten Nahrungsaufnahme bei gleichzeitigem Anstieg des Metabolismus. Auf die Dauer führen solche Zustände zum Verenden des Fisches, was der Hitzesommer 2003 in vielen Gewässern der Schweiz deutlich gezeigt hat.

Trockenere Sommer und das Abschmelzen der Gletscher führen zu einer Abnahme des Abflusses und zu stärkeren Schwankungen der Abflussdynamik. Das Risiko von Niedrigwasserständen mit negativen Folgen für die Fische steigt somit an. Wenig Wasser im Gewässer verringert zudem deren Fähigkeit zur Selbstreinigung. Schad- und Nährstoffe werden schlechter abgebaut, was die aquatische Flora und Fauna nachhaltig verändert. Bei geringer Wasserführung ist zudem ein überproportionaler Anstieg der Wassertemperatur zu verzeichnen, was oben genannte Auswirkungen nach sich zieht. Der parallel steigende Bedarf an Wasser für andere Nutzungen,



wie Bewässerungen, Wasserkraft und Beschneiung, wird dieses Szenario noch verschärfen.

Die Klima-Erwärmung führt zudem zu häufigeren Winterhochwasser (Regen statt Schnee). Dies hat zur Folge, dass die Laichprodukte der Bachforellen aus der Kiessohle ausgeschwemmt und zerstört werden. Zudem bedeuten Hochwasser zwangsweise auch erhöhte Aktivitäten bei den Fischen und dies in der Phase der eigentlichen Winterruhe. Aktivität braucht Energie, Energie in Form von Nahrung, die im Winterhalbjahr nur spärlich vorhanden ist.

Weiter macht das wärmere Wasser die Forellen und Äschen anfälliger auf die im Mittelland bereits weit verbreitete Nierenkrankheit (PKD). Sollten also unsere Bäche und Flüsse in Zukunft über längere Zeit Wassertemperaturen von 15°C und mehr aufweisen, wäre die Invasion dieser meist tödlich endenden Krankheit in Bündner Gewässern wohl kaum aufzuhalten.



Die Wassertemperatur ist ein Schlüsselfaktor für' das Gewässer als Lebensraum. Die Klimaerwärmung führt zu höheren Wassertemperaturen, was den Lebensraum der im Wasser lebenden Tier- und Pflanzenarten verändert. Das AJF ist für die Erhaltung gesunder, den Lebensräumen angepasster Wild- und Fischbestände verantwortlich. Foto Äsche (© HYDRA AG).



Klimaerwärmung und Wild

Die Änderung der mittleren Jahrestemperatur hat zur Folge, dass viele Tierarten in höhere Regionen abwandern müssen, um ihr Temperaturoptimum zu finden. Vor allem für alpine Tierarten heisst das, dass der optimal geeignete Lebensraum deutlich verkleinert wird. Schon heute deuten verschiedene Indikatoren auf ein solches Höhersteigen hin.

Die augenfälligste Veränderung dürfte der Anstieg der klimabedingten Waldgrenze auf Kosten der alpinen Lebensräume sein. Dies dürfte lokal zu einem Verschwinden bzw. zur Verinselung von unbewaldeten Alpgebieten (alpine Rasengesellschaften) führen. Schon aus geometrischer Sicht können die an den Wald „verlorenen“ Flächen unmöglich durch das Höhersteigen der Vegetation - das in der Tat beobachtet wird - kompensiert werden. Trotzdem muss bei den Prognosen beachtet werden, dass heute 24% der Kantonsfläche von Alpweiden und 40% von unproduktiven Flächen bedeckt werden. Vor allem entlang dem Alpenhauptkamm weist der Kanton Graubünden grosse Massenerhebungen mit grossen Höhengradienten auf und besitzt daher grosse Pufferkapazitäten, um diese vertikalen Entwicklungen abzdämpfen. Damit unterscheidet sich hier die Situation deutlich von den Randalpen, wo alpine Rasengesellschaften noch stärker einwalden oder verinseln werden. Trotzdem wird sich der alpine Lebensraum verkleinern, und Arten wie Alpensteinbock, Alpenschneehase, Alpenschneehuhn, Alpenbraunelle, Bergpieper und Schneefink dürften Einbussen im Verbreitungsgebiet und Gesamtbestand erfahren.

Gravierender als die reinen Arealeinbussen dürften sich veränderte Schneebedingungen auswirken. Das verzögerte Einschneien im Herbst lässt Arten mit jahreszeitlich terminiertem Fell- bzw. Gefiederwechsel „ins Offside laufen“. Weisse Schneehasen und Schneehühner sind in schneefreien November und Dezember einer viel stärkeren Prädation durch natürliche Feinde wie Steinadler, Fuchs, etc. ausgesetzt, als bei normalen Einschneie-Bedingungen. Nahe verwandte Arten wie Feldhase und Steinhuhn können in solchen Situationen als Konkurrenten wirken und die

Bedingungen für diese Arten zusätzlich beeinträchtigen.

Wenn das Einschneien im Herbst vermehrt mit nassem Schnee erfolgt, der durch den Wind schlechter verfrachtet werden kann und der dann noch gefriert, verschlechtern sich die Äsungsbedingungen aller Pflanzenfresser inkl. der Gämse stark. Zudem behindert es Schnee- und Birkhühner bei der Anlage von Schneehöhlen in kalten Nächten. Eine weitere erwartete Entwicklung wirkt in die gleiche negative Richtung, nämlich die vermehrten Niederschläge und Temperaturstürze im Spätwinter. Durch all diese Faktoren sterben vermehrt Tiere im Winter oder überleben in deutlich schlechterer Kondition. Die zunehmende Konkurrenz im alpinen Raum durch Wintersport treibende Menschen, verschärft diese Situation zusätzlich.

Mit der Ausdehnung und Verdichtung der Wälder, die durch die erhöhte Wärme und durch die Luft zugeführte Überdüngung verursacht wird, würde die Polarisierung zwischen genutztem Grünland und Wald noch verstärkt. Arten wie das Auerhuhn (montane und subalpine Wälder) und das Birkhuhn (Waldgrenzenbereich) würden darunter leiden, ebenso Huftiere und Hasen. Die negativen Auswirkungen hängen stark davon ab, ob die Beweidung der neu entstehenden Wälder nicht von vornherein eingeschränkt wird, und das notwendige Lebensraummosaik von Wald und Freiland aufrecht erhalten werden kann. Die prognostizierte Veränderung in der Baumartenzusammensetzung (zugunsten der Eiche) könnten neue Wald-Wildprobleme verursachen. Lokal können die vermehrt auftretenden Sturmschäden aber vermehrt Freilandsituationen schaffen.

Im Landwirtschaftsgebiet der tieferen Lagen könnte der frühere Vegetationsbeginn vor allem für ziehende Vogelarten negative Auswirkungen haben. Bei der Ankunft im Brutgebiet ist die Vegetation schon so weit fortgeschritten, dass auch allfällig vorhandene Insekten gar nicht mehr gejagt werden können. Weil aber die höher gelegenen Landwirtschaftsgebiete

unter der Nutzungspolarisierung gelitten haben und vermehrt einwanden, ergeben sich grössere Arealverluste, die wir schon heute bei Baumpieper, Braunkehlchen und Feldlerche beobachten.

Die Erwärmung und das im Winterhalbjahr feuchtere Klima kann die Bedingungen für diverse Krankheitserreger und deren Wirtstiere verändern. Aus dem Alpenraum wird zum Beispiel von der Gämse ein vermehrtes Auftreten von eitrigen Lungenentzündungen durch Befall mit dem kleinen Lungenwurm und Paratuberkulose, etc. gemeldet. Ob die in den letzten 15 Jahren verstärkt und in aggressiver Form auftretende Infektiöse *Keratokonjunktivitis* (Gamsblindheit, IKK) bei Gämse und Steinbock ebenfalls von sich verändernden Umweltbedingungen profitiert, ist zurzeit nicht bekannt, aber nicht abwegig.

Es ist zudem auffallend, dass sich in den letzten Jahren diverse ernst zu nehmende Krankheiten aus dem Mittelmeerraum und Nordafrika in Richtung Alpen ausbreiten. Blauzungkrankheit, Mykoplasmen, der durch Zecken übertragene Blutparasit *Babesia* und der *Hantavirus* sind Beispiele dafür.



Könnte es sein, dass die milderen Temperaturen verbesserte Bedingungen für wärmeliebende Arten ergeben und dadurch allfällige Verluste kompensiert würden? Arten wie das Wildschwein können davon profitieren und das Verbreitungsgebiet in unserem Kanton noch ausdehnen. Die Ausdehnung der von Maikäfern besiedelte Fläche kann den Konflikt zwischen Wildtieren (Wildschwein, Dachs) und der Landwirtschaft örtlich akzentuieren. Für ziehende Arten, die dem Winter ausweichen, kann das ebenfalls erwartet werden und wird zum Teil heute schon beobachtet. Wiedehopf, Wendehals, Gartenrotschwanz sind Beispiele dafür. Für wärmeliebende Arten, die den Winter hier verbringen, dürfte dies schwieriger sein, weil nach wie vor mit auch längeren Frost- und Kältephasen gerechnet werden muss.

Eine weitere, nicht zu unterschätzende Gefahr geht von den Massnahmen aus, mit denen die CO₂-Bilanz verbessert werden soll. Insbesondere die Förderung der Energieproduktion durch Wasserkraft und Biomasse verschlechtern die geschilderten Bedingungen in den Gewässern und verdichten den Wald zusätzlich. Dieselben Gefahren gehen von grossflächigen Aufforstungen aus, die als CO₂-Senken propagiert werden könnten. Neben den geschilderten negativen Entwicklungen, könnten sie der Wald-Wild-Problematik zu einer Renaissance verhelfen, weil gepflanzte Bäumchen viel anfälliger auf Verbiss reagieren, als naturverjüngte.

Die Änderung der mittleren Jahrestemperatur hat zur Folge, dass viele Tierarten in höhere Regionen abwandern müssen um ihr Temperaturoptimum zu finden. Die Erwärmung und das im Winterhalbjahr feuchtere Klima kann zudem die Bedingungen für diverse Krankheitserreger und deren Wirtstiere verbessern. Es gehört zu den Aufgaben des AJF diese Prozesse zu beobachten, Foto: Gämse.

4.3 Beobachtungen aus der Tier- und Pflanzenwelt

Marco Lanfranchi, Amt für Natur und Umwelt

Reaktion der Tier- und Pflanzenwelt auf Klimaänderungen

Die Klimaänderung wird sich auch auf die Biodiversität auswirken. Die Ausbreitung vieler Pflanzen- und Tierarten wird durch die Klimaerwärmung gefördert. Profitieren werden Arten aus tieferen Lagen und südlicher gelegenen Gebieten. Es ist aber zu befürchten, und erste Anzeichen sind schon erkennbar, dass dies in etlichen Fällen mit unangenehmen Folgen verbunden sein kann. Als Beispiel wird die eingeschleppte, gebietsfremde und umweltgefährdende Pflanze *Ambrosia* (Neophyt), als frostempfindliche Art von milderen Temperaturen und häufigeren frostfreien Herbsttagen profitieren. Aber auch heimische Arten können Probleme bekommen, wenn man zum Beispiel die Entwicklung der seltenen, an extreme alpine Klimaverhältnisse angepasste Gipfflora betrachtet, die selber nicht mehr nach oben ausweichen kann, wenn sie in Bedrängnis gerät durch die Ausbreitung konkurrenzstärkerer Arten aus tieferen Lagen.

Es lässt sich plausibel prognostizieren, dass sich die Artenzusammensetzung der Ökosysteme in der Schweiz und speziell in den Alpen langfristig ändern wird, da die Arten unterschiedlich auf den Klimawandel reagieren. Einerseits kommt es zu einem Schwund bisheriger Arten, andererseits auch zu einer Einwanderung gebietsfremder Pflanzen- und Tierarten aus wärmeren Regionen. Viele dieser Veränderungen könnten irreversibel sein. An kühle Lebensbedingungen gebundene Arten werden im Alpenraum in höhere Lagen ausweichen müssen. Sie werden dort aber aufgrund der Topografie flächenmässig stark eingeschränkt werden und im Extremfall ihren Lebensraum ganz verlieren.

Veränderung der Gipfflora beobachtet

Berggipfel eignen sich besonders gut, um die Folgen der Klimaveränderung zu beobachten, da dort der direkte menschliche Einfluss klein ist. Bei verschiedenen Untersuchungen, speziell auch in Graubünden, wurde festgestellt, dass heute mehr Pflanzenarten als noch vor hundert Jahren auf den Berggipfeln wachsen und dass das Vorkommen etlicher Arten in der Höhenlage angestiegen ist. Auf den niedrigeren Gipfeln kann festgestellt werden, dass auch Arten der unteren alpinen und subalpinen Stufe zugewandert sind und dass diese vielfach eine neue obere Verbreitungsgrenze erreichen. Das Unerfreuliche daran ist, dass diese Arten langfristig die Arten der alpinen Stufe verdrängen und seltene Arten gefährden können, da ein Ausweichen nach oben nicht mehr möglich ist. Auf den Dolomitgipfeln im und um den Schweizerischen Nationalpark gedeiht das Ladinische Hungerblümchen (*Draba ladina*). Das Hungerblümchen ist als einziger schweizerischer Endemit von grösster Bedeutung für den Artenschutz. Seine Zukunft hängt stark vom Wandel der Lebensbedingungen im Bereich der Berggipfel ab, denn es ist potentiell gefährdet durch von unten zuwandernde konkurrenzstarke Arten.



Das Ladinische Hungerblümchen zählt zu den gefährdeten Pflanzenarten. Seine Zukunft hängt vom Wandel der Lebensbedingungen im Bereich der Berggipfel ab, Foto Martin Camenisch.



Auch die Vogelwelt im Hochgebirge ist vom Klimawandel betroffen

Langjährige Beobachtungen der schweizerischen Vogelwarte Sempach weisen auf einen ähnlichen Trend hin. Während einige im Alpenraum lebende Brutvögel von der Klimaerwärmung profitieren, geraten andere in Bedrängnis. Die Amsel beispielsweise kam noch im 19. Jahrhundert im Oberengadin kaum vor. Heute häufen sich die Beobachtungen in Ortschaften und Waldgebieten. Die Amsel brütet an mehreren Stellen bis hinauf zur Waldgrenze auf 2200 m ü.M. Im Gegensatz dazu ist die Ringdrossel, eine nahe Verwandte der Amsel, fast vollständig aus den

Tallagen verschwunden. Im Oberengadin ist sie nur noch oberhalb von 1900 m ü. M. zu finden. Besonders betroffen von Änderungen im Lebensraum ist das an die kühlen, harschen Bedingungen des Hochgebirges angepasste Schneehuhn. Es sind schon etliche nicht ganz so hoch liegende Vorkommen verschwunden, und die Vogelwarte befürchtet, dass das Schneehuhn weiter in Bedrängnis geraten dürfte.



Das Schneehuhn ist an die kühlen Bedingungen des Hochgebirges angepasst. Mit zunehmender Klimaerwärmung wird das Schneehuhn in Bedrängnis geraten.

Neues Auftreten der Pflanze Ambrosia - mit unangenehmen Folgen

Ambrosia artemisiifolia ist eine einjährige Pflanze, die sich durch eine hohe Anzahl Samen leicht ausbreiten kann. Die verhältnismässig spät blühende Pflanze stirbt im Herbst bei Minustemperaturen ab. Setzen die Fröste zu einem Zeitpunkt ein, wenn die Samen noch nicht ausgereift sind, wird die Ausbreitung der Pflanze verhindert. Umgekehrt fördern milde Klimabedingungen die Ausbreitung, beziehungsweise die Etablierung an einem neuen Standort. Die gebietsfremde, ursprünglich aus Nordamerika stammende Ambrosia wurde bei uns an vielen Fundorten mit verunreinigtem Vogelfutter oder mit samenbelasteter Erde weiterverbreitet. Unter günstigen Bedingungen verhält sie sich invasiv, mit unangenehmen Folgen für die menschliche Gesundheit und die Biodiversität. Ihr Blütenstaub ist hoch allergen und durch das starke Ausbreitungspotential kann sie heimische Arten verdrängen. Die Ambrosia kann als Beispiel für die Klimasensibilität und die Problematik vieler weiterer gebietsfremder Pflanzenarten (Neophyten) dienen, wenn auch mit unterschiedlichem Gefährdungspotential.

Die laufenden Beobachtungen der Ambrosia und weiterer gebietsfremder Pflanzenarten (Neophyten) in Graubünden weisen darauf hin, dass deren Vorkommen nicht nur auf die milden Tallagen beschränkt ist und bleibt, sondern es sind Anzeichen vorhanden, dass sie sich auch in Höhenlagen etablieren könnten.

Insekten auf dem Vormarsch

Als wechselwarme Tiere mit grossem Vermehrungspotential profitieren Insekten potentiell von der Klimaerwärmung. Viele Insekten aus südlicheren Gefilden sind frostempfindlich und die kalten Winter limitierten deren Ausbreitung nach Norden oder in höhere Lagen. Auch bei den Insekten weisen viele Beobachtungen von spezialisierten Stellen aus der Land- und Forstwirtschaft auf das Vordringen von z.B. mediterranen Arten nach Norden oder auf die Etablierung wärmebedürftiger, eingeschleppter gebietsfremder Problemarten (Neozoen) hin. Das in den letzten

Jahren beobachtete Vordringen der ursprünglich in den südostasiatischen Tropen und Subtropen beheimateten Tigermücke, als potentielle Überträgerin schwerer Krankheiten, nach Italien, in das Tessin



Die Tigermücke stammt aus den Tropen und Subtropen und gilt als potentielle Überträgerin von Krankheiten. In den letzten Jahren ist sie vermehrt in Italien, im Tessin und neu auch in der Nordschweiz beobachtet worden.



Die spät blühende Ambrosia stirbt im Herbst bei Minustemperaturen ab. Fehlen die Herbstfröste wird die Ausbreitung dieser Pflanze gefördert.



und neu auch in die Nordschweiz zeigt, dass auch der Mensch direkt betroffen sein könnte. Selbst der bekannte heimische Mai- und Junikäfer profitiert von den mildereren Jahren und wird oft zum „Aprilkäfer“.

Es muss nicht nur um land- oder forstwirtschaftliche Problemarten gehen, gerade bei der Insektenwelt sind die Interaktionen besonders vielfältig und schwierig abzuschätzen. Es können aber durchaus auch Antagonisten der Problemarten auftreten. Offensichtlich zu den mutmasslichen Verlierern der Klimaerwärmung werden die kälteangepassten Gletscherflöhe gehören. Insgesamt schätzen die Fachleute, dass mit zunehmenden Temperaturen im Winter (Überleben) und im Sommer (Vermehrung, Einwanderung) die Anzahl neuer Arten zunehmen wird. Die Biodiversitätsbilanz wird von den Fachleuten trotzdem als negativ beurteilt, weil die neuen Arten in ihren Herkunftsgebieten meist noch häufig sind. In der Schweiz dürften jedoch gefährdete Arten verloren gehen, weil sie kälteadaptierte Spezialisten sind oder von einwandernden Arten verdrängt werden.

Massnahmenstrategie im Bereich Naturschutz

Gerade auch im Hinblick auf die möglichen Folgen des Klimawandels ist es wichtig, dass alle Massnahmen, die der Erhaltung und Erhöhung der Biodiversität dienen, getroffen und fortgeführt werden. Mehrere Studien haben z.B. gezeigt, dass vielfältige Wiesengemeinschaften besser mit Trockenperioden fertig werden als artenarme Wiesen. Artenvielfalt ist eine „Versicherung“ gegen die „Störung“ Klimawandel. Der Bedrängung oder gar Bedrohung der örtlich angepassten Artenvielfalt durch invasive Neobiota muss mit einem gezielten Management der vom Aussterben bedrohten Arten begegnet werden. Die Erhaltung und Vernetzung vielfältiger Lebensräume ermöglicht ein Ausweichen und Rückzug auf geeignete „Überlebensräume“ bei kritischen Klimaereignissen. Im Bereich des Moorschutzes und der Moornaturierung kann sogar ein direkter Beitrag zu den Ursachen des Klimawandels geleistet werden, indem durch den Schutz und den Wiederaufbau der organischen Moorbodensubstanz das Klimagas CO₂ fixiert werden kann.



Im Hinblick auf mögliche Folgen des Klimawandels ist es wichtig, dass alle Massnahmen, die zur Erhaltung und Erhöhung der Biodiversität dienen, getroffen und fortgeführt werden. Das ANU ist für den Vollzug der Gesetzesbestimmungen zuständig, führt Inventare über Trockenwiesen, Moore, Auen und Amphibien-Laichplätze und unterstützt die Schutzmassnahmen. Foto Hochmoor beim Maloja-Pass.

Raumentwicklung und Naturgefahren



5. Einfluss der Klimaänderung auf Raumentwicklung und Naturgefahren

- 5.1 Raumentwicklung und Klimaänderung
- 5.2 Klimaänderung und Naturgefahren
- 5.3 Die Pioniergemeinde Pontresina im Umgang mit Permafrost
- 5.4 Klimawandel und Boden



Der Klima-Wandel wird unseren Lebensraum nachhaltig beeinflussen und verändern. Da sich die Raumentwicklung mit der Gestaltung unseres Lebensraums und der darin stattfindenden Aktivitäten beschäftigt, muss sie sich mit den Folgen der Klimaveränderung auseinandersetzen. Durch kluge Gestaltung des Raumes und durch Massnahmen auf örtlicher (Baugesetzgebung, Gefahrenzonenausscheidung) wie auch überörtlicher Ebene (Raumstruktur, Tourismus und Wintersport) sollen die Bedrohungen durch Naturgefahren kurz- wie auch langfristig gemanagt werden.

Extreme Wetterereignisse haben schon in der Vergangenheit Naturgefahren wie Lawinen, Hochwasser, Murgänge, etc. ausgelöst. Um die Frage beantworten zu können, ob nun derartige Ereignisse wegen der Klimaveränderung an Intensität und Anzahl zunehmen oder nicht, braucht es eine solide Datengrundlage. Der Kanton setzt dabei auf den Ausbau der bestehenden Mess- und Überwachungssysteme.

Im Sinne der Prävention sollen zudem Interventionskarten und Schutzbautenkataster ausgearbeitet sowie bestehende Schutzbauten unterhalten und Instand gesetzt werden. Die Gemeinde Pontresina ging diesbezüglich einen Schritt weiter: Auf der Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen liess sie mächtige Schutzdämme gegen Murgänge und Lawinen errichten.

Pontresina demonstriert zudem ein starkes Bewusstsein bezüglich der Gefährdung durch den Klimawandel. Sie dokumentiert dies mit einem lehrreichen Klimaweg, welcher u.a. den CO₂-Kreislauf zeigt. In diesem Kreislauf sind neben den Ozeanen die Böden der zweitwichtigste CO₂-Speicher. Erhöhte Temperaturen im Alpenraum führen nun dazu, dass im Boden akkumulierte organische Substanzen schneller abgebaut werden. Die Folge davon ist eine Abnahme der Humusschicht und eine verstärkte Freisetzung des Treibhausgases CO₂.

5. Influenza da la midada dal clima sin il svilup dal territori e sin ils privels da la natira

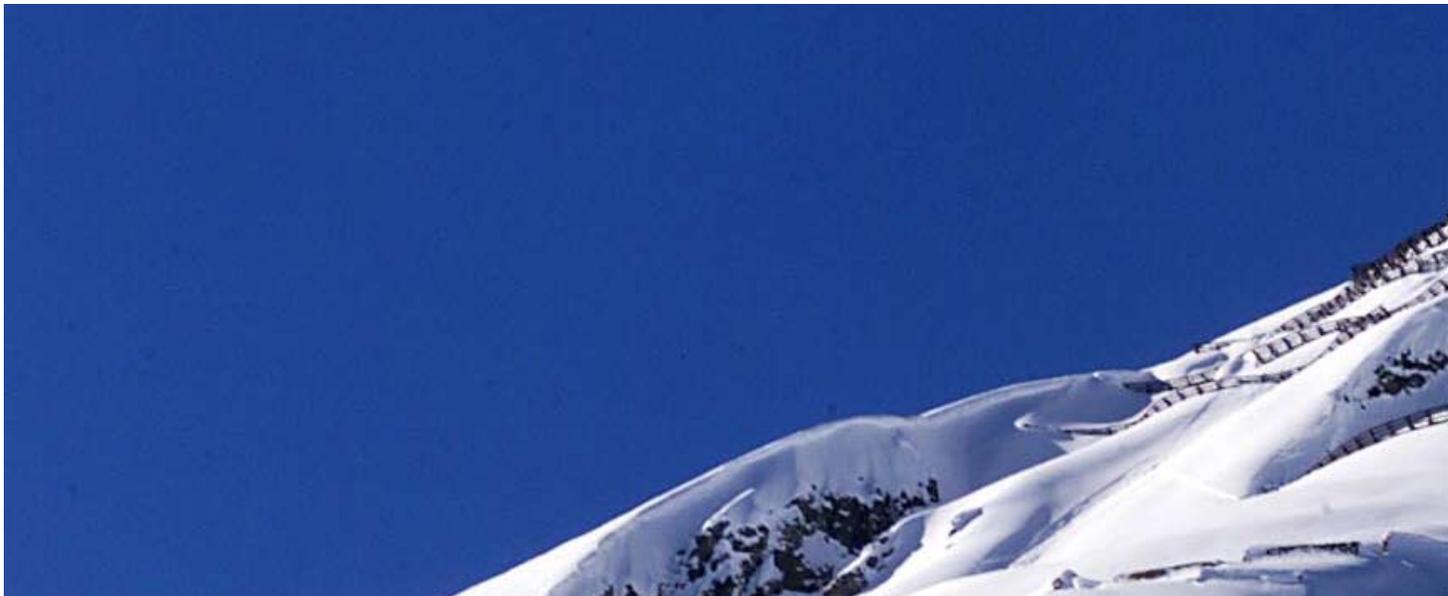
- 5.1 Svilup dal territori e midada dal clima
- 5.2 Midada dal clima e privels da la natira
- 5.3 Co che la vischnanca da pionier Puntraschigna fa frunt a la schelira permanenta
- 5.4 Midada dal clima e terren

La midada dal clima vegn ad influenzer ed a midar persistentamain noss spazi da viver. Perquai ch'il svilup dal territori sa fatschenta cun la furmaziun dal spazi da viver e cun las activitads che han lieu en quel, sto el s'occupar da las consequenzas da la midada dal clima. Tras ina furmaziun prudenta dal spazi e tras mesiras sin plaun local (legislaziun da construcziun, determinaziun da zonas da privel) sco er sin plaun surlocal (structura dal spazi, turissem e sport d'enviern) duain las smanatschas che resultan dals privels da la natira vegnir dirigidas a curta vista sco er a lunga vista.

Eveniments extrens da l'aura han chaschunà gia en il passà catastrofes da la natira sco lavinas, aua gronda, bovas e.u.v. Per pudair responder la dumonda, sche l'intensidad e sch'il dumber da tals eveniments creschan pervia da la midada dal clima u betg, dovri ina basa da datas solida. Il chantun favurisescha en quest connex l'amplificaziun dals systems da mesiraziun e da surveglianza.

En il senn da la prevenziun duain plinavant vegnir elavuradas chartas d'intervenziun e catasters da las ovras da protecziun sco er vegnir mantegnidas e reparadas las ovras da protecziun existentas. La vischnanca da Puntraschigna è ida in pass pli lunsch en quest regard: Sin basa da retschertgas scientificas ha ella laschè construir gronds rempars cunter bovas e cunter lavinas.

Puntraschigna ha plinavant demonstrà ina ferma conscienza areguard la periclitaziun tras la midada dal clima. La vischnanca documentescha quai cun ina senda instructiva davart il clima che mussa tranter auter la circulaziun dal CO₂. En questa circulaziun è il terren – suenter ils oceans – l'arcun da CO₂ il segund impurtant. Las temperaturas pli autas en il territori alpin chaschunan dentant ina decumposiziun pli svelta da las substanzas organicas ch'èn accumuladas en il terren. En consequenza da quai sa reducescha la stresa da humus ed i vegn emess dapli CO₂.



5. Le ripercussioni dei cambiamenti climatici sullo sviluppo del territorio e i pericoli della natura

- 5.1 Lo sviluppo del territorio e i cambiamenti climatici
- 5.2 I cambiamenti climatici e i pericoli della natura
- 5.3 Il Comune di Pontresina, pioniere nel trattamento del permafrost
- 5.4 I cambiamenti climatici e il suolo

Il cambiamento climatico eserciterà un'influenza e una ripercussione profonda e duratura sul nostro spazio vitale. Visto che lo sviluppo del territorio condiziona le strutture del nostro spazio vitale e le attività che vi si svolgono, esso dovrà anche occuparsi delle condizioni dovute al cambiamento del clima. Organizzando opportunamente lo spazio e adottando misure sia a livello locale (legislazione sull'edilizia, delimitazione di zone di pericolo) che a livello parlocale (struttura dello spazio, turismo e sport invernali) si potranno controllare le minacce della natura a breve e a lunga scadenza.

Già in passato fenomeni meteorologici estremi hanno causato pericoli naturali quali valanghe, piene, frane ecc. Per rispondere alla domanda se simili eventi siano destinati o meno a moltiplicarsi e intensificarsi a causa del cambiamento climatico, occorre una solida base di dati. Il Cantone a tal riguardo si avvale dell'incremento dei sistemi esistenti di misurazione e sorveglianza.

A scopo di prevenzione si dovranno inoltre gestire carte sugli interventi nonché mantenere e aggiornare i catasti esistenti sulle opere di protezione. Il Comune di Pontresina è andato oltre realizzando, sulla base di ricerche scientifiche, enormi valli di protezione contro le frane e le valanghe.

Pontresina manifesta inoltre una profonda consapevolezza riguardo ai pericoli dovuti al cambiamento climatico. Il Comune lo documenta con un sentiero didattico dedicato al clima, che tra l'altro mostra il ciclo del CO₂. Nel ciclo, oltre agli oceani, i suoli rappresentano il secondo serbatoio di CO₂. Le aumentate temperature nello spazio alpino fanno sì che il suolo smaltisca con maggior velocità le sostanze organiche che vi vengono accumulate. Tale circostanza comporta la riduzione dello strato di humus e una maggiore emissione del gas a effetto serra CO₂.



5.1 Raumentwicklung und Klimaänderung

Richard Atzmüller, Amt für Raumentwicklung

Was hat Raumentwicklung mit Klimaänderung zu tun? Und was kann Raumplanung der Klimaänderung entgegenzusetzen? Viel – weil sie langfristig ausgerichtet ist und sich mit der Gestaltung des Lebensraumes und der darin stattfindenden Aktivitäten auseinandersetzt. Auch kurzfristige Anpassungsmassnahmen an die Klimaänderung sind Gegenstand der Raumplanung, sei es mit der Schaffung der nötigen Voraussetzungen für Bewilligungen durch die Planungsinstrumente oder durch die Erteilung von Bewilligungen selbst.

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, mit der Klimaentwicklung umzugehen: Die eine besteht darin, die heutigen Handlungen im Raum auf die Zukunft auszurichten und mit klugen Dispositionen im Raum die Klimaentwicklung vorausschauend «miteinzuplanen». Dadurch werden Fehlinvestitionen verhindert, beziehungsweise die Investitionen erfolgen am richtigen Ort mit der richtigen Ausprägung. Diese Möglichkeit birgt die Stärke der Raumplanung. Die Massnahmen kosten nicht viel, sie verlangen aber Kreativität («Köpfchen») und Auseinandersetzung. Die andere Möglichkeit besteht in der kurzfristigen Reaktion auf die Klimaentwicklung. Diese Reaktionen sind oft mit vielen Investitionen verbunden – sie sind auch teuer.

Zwei Beispiele auf der überörtlichen Ebene (Raumstruktur, Tourismus und Wintersport) und vier Beispiele auf der örtlichen Ebene (Baugesetzgebung, Gefahrenzonenausscheidung, technische Beschneigung, Lufthygiene) sollen aufzeigen, wie die Raumentwicklung angesichts der Klimaänderung agiert.

Die überörtliche Ebene

Raumstruktur. Die Raumentwicklung strebt Strukturen an, die es ermöglichen die grundlegenden Bedürfnisse – nämlich Wohnen, Arbeiten, Bildung,

Erholung und Versorgung – so zu verknüpfen, dass möglichst wenig Mobilität entsteht. Zwangsmobilität wird somit verhindert. Das ist gut für das Klima und für die Lufthygiene. Wenn Fahrten nötig sind, so sollen diese möglichst effizient und effektiv erfolgen. Der kantonale Richtplan strebt diese Form der Raumstruktur an.

Die überörtliche Siedlungsstruktur in Graubünden unterscheidet sich grundsätzlich von jener des Mittellands. Die Siedlungsstruktur im Bergkanton Graubünden ist stärker von der Topographie geprägt. Dörfer, Städte, Industriebauten sowie die überörtliche Verkehrsinfrastruktur (Bahn und Strasse) werden in aller Regel im Talboden gebaut. Sie können sich nicht übermässig auf die Hänge ausdehnen, sondern nur talauf und talab. Graubündens überörtliche Siedlungsstruktur erhält dadurch einen «Bandcharakter», im Gegensatz zu jener im Mittelland, die «Netzcharakter» hat. Dieser Bandcharakter ist jedoch nicht nur

Entwicklung der künstlich beschneiten Skipistenfläche
Fläche in [ha], 1978 - 2008

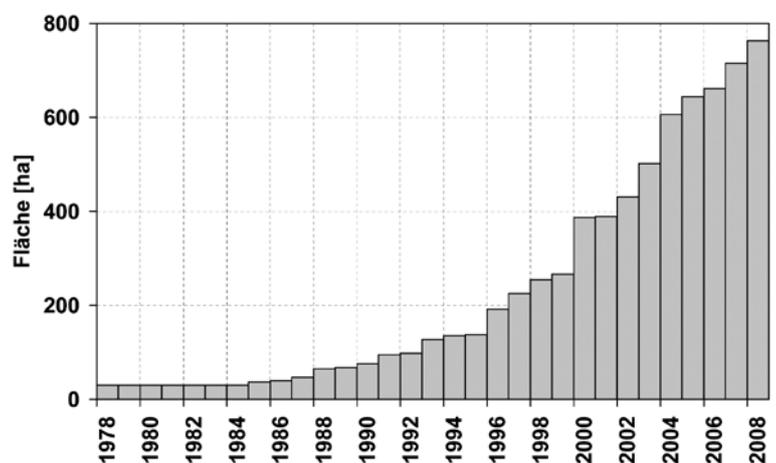


Abb. 5.1: Entwicklung der Skipisten-Fläche, die künstlich beschneit wird. Die Fläche hat sich seit den 90er-Jahren versiebenfacht. Quelle: ARE



negativ. Im Gegenteil. Die sogenannte Banderschliessung in zwei Richtungen ist eine gute Voraussetzung für eine effiziente Erschliessung und vor allem für bedarfsgerechte Erschliessungen mit dem öffentlichen Verkehr. So haben zum Beispiel in der Agglomeration Chur und Umgebung (Sargans bis Thusis) 80% der 144'000 Einwohner in weniger als 300 m Distanz eine Bushaltestelle. Bei der Erreichbarkeit der Arbeitsplätze mit den öffentlichen Verkehrsmitteln liegt der Anteil gar bei 82%.

In Graubünden wird in städtischen Räumen und in Tourismusräumen auf regionale Siedlungskonzepte gesetzt, welche auf eine wirkungsvolle und wirtschaftliche Raumnutzung abzielen. Ein Instrument für die Umsetzung ist beispielsweise der regionale Richtplan oder die «Neue Regionalpolitik».

Beispielhaft sei das Agglomerationsprogramm Chur und Umgebung angeführt, welches auf eine enge Vernetzung vom städtisch geprägten Raum Chur mit den umliegenden touristischen Zentren hinzielt. Hauptziel des Agglomerationsprogrammes ist es,

eine gemeinde- und regionenübergreifende Zusammenarbeit in Gang zu setzen, zu festigen und effiziente überörtliche Dispositionen im Raum zu fördern.

Tourismus und Wintersport. Der Bericht «Klimaänderung und die Schweiz 2050» des beratenden Organs für Fragen der Klimaänderung (OcCC) geht von einer Erwärmung von 2°C im Herbst, Winter und Frühjahr bis ins Jahr 2050 aus und einer Erwärmung von knapp 3°C im Sommer. Bei den Niederschlägen wird mit einer Zunahme von 10% im Winter und von einer Abnahme um 20% im Sommer ausgegangen. «Es muss mit einer Zunahme von extremen Niederschlägen und damit auch von Hochwassern und Murgängen im Winter, aber möglicherweise trotz geringeren Gesamtniederschlagsmengen auch im Sommer gerechnet werden», hält der Bericht fest. «Im Sommer nehmen Hitzewellen generell zu, wahrscheinlich auch Trockenperioden. Eine Abnahme ist dagegen bei winterlichen Kältewellen zu erwarten.» Experten sagen für Gebirgsregionen gar noch eine stärkere Ausprägung des Wandels voraus.



Von den zu erwartenden Klimaänderungen ist der Wintersport stark betroffen. Die Tourismusbranche muss vorausschauend ihr Angebot auf die veränderten Bedingungen anpassen, um ihre Attraktivität zu erhalten (zum Beispiel durch die künstliche Beschneigung von Skipisten). Die Berggebiete könnten von der Klimaänderung aber auch profitieren. Wenn das Mittelland unter drückender Hitze schwitzt, verspricht die Sommerfrische in den Bergen Abkühlung.



Von den zu erwartenden Klimaänderungen ist der Wintersport stark betroffen. Wintersport wird wahrscheinlich nur noch in höher gelegenen Gebieten möglich sein, weil die Schneegrenze durch die Erwärmung steigt. Es könnte aber auch sein, dass dieser Effekt durch eine Änderung der grossräumigen Witterungsbedingung reduziert wird (Stichwort: Nordatlantische Oszillation, NAO). Die Gletscher werden ohne wirksamen Klimaschutz bis Ende dieses Jahrhunderts gänzlich abschmelzen, die Gebirgslandschaft würde sich dadurch komplett verändern. Mit den Gletschern würde auch ein wichtiges Wassereservoir verschwinden.

Aber: Die Berggebiete könnten von der Klimaänderung auch profitieren. Zwar ist langfristig im Winter weniger Schnee zu erwarten und die Schneegrenze steigt, dafür könnten die Alpen im Sommer interessant werden: Wenn das Mittelland unter drückender Hitze schwitzt, verspricht die Sommerfrische in den Bergen Abkühlung.

Die Tourismusbranche muss vorausschauend ihr Angebot auf die veränderten Bedingungen anpassen, um ihre Attraktivität zu erhalten. Die Verantwortlichen der Wintersportgebiete werden auf diese Entwicklung reagieren müssen, sei es durch ein Ausweichen in höhere Gebiete oder mit Optimierungen in den bestehenden Gebieten.

Was hat das mit Raumentwicklung zu tun? Die Richtplanung schafft auf überörtlicher Ebene die räumlichen Voraussetzungen, damit die Konzessionserteilung für Seilbahnen vom Bund erfolgen kann, zum Beispiel, indem sie die Gebiete bezeichnet, in denen solche Anlagen ermöglicht werden sollen.

Man erwartet, dass die tiefer gelegenen Wintersportgebiete künftig nicht mehr die nötigen Mittel aufbringen können, um kostendeckend oder gewinnbringend zu wirtschaften. Dies, weil Investitionen zur Erneuerung der Transportinfrastrukturen notwendig sind und immer mehr Pisten technisch (künstlich) beschneit werden müssen. Zudem ist der Wintersportmarkt kein Wachstumsmarkt, denn die Zahl der Wintersport-

begeisterten nimmt nicht mehr zu, so wie es in den 1970er- oder 1980er-Jahren der Fall war. Tiefer gelegene Wintersportgebiete werden es schwer haben, die entsprechenden finanziellen Nachweise zu erbringen. So wird vermutlich auch in Graubünden das eine oder andere kleinere Skigebiet von der Landkarte verschwinden. Aus raumplanerischer Sicht ist dies keineswegs erwünscht, erfüllen doch diese kleinen Skigebiete oft auch wichtige regionalpolitische Funktionen. Umso wichtiger ist es, für diese Orte für die Zukunft nach anderen Entwicklungsmöglichkeiten zu suchen und die räumlichen Voraussetzungen für die



Mit dem erwarteten Temperaturanstieg wird die Schneefallgrenze steigen. So werden es die kleineren, tiefer gelegenen Skigebiete schwer haben, in Zukunft kostendeckend und gewinnbringend zu wirtschaften. Das ARE hat die Aufgabe Regionen und Gemeinden in Sachfragen zur Raumentwicklung zu beraten, gemeinsam zukünftige Strategien zu entwickeln und Voraussetzungen für deren Umsetzung zu schaffen.

Umsetzung zu schaffen. Beispielsweise auf örtlicher Ebene durch die Baugesetzgebung, durch die Gefahrenzonenausscheidung in der Ortsplanung, durch die technische Beschneidung oder durch die Lufthygiene.

Die örtliche Ebene

Baugesetzgebung. Mit der Erwärmung und der Zunahme von Hitzeperioden werden sich auch die Anforderungen an Wohngebäude ändern. Die Nachfrage nach modernen Wohnungen mit einer guten Belüftung und einer guten Isolation wird steigen. Gleichzeitig werden in älteren Gebäuden vermehrt Geräte

zur Klimaverbesserung eingesetzt werden, welche den Stromverbrauch ansteigen lassen, was Ressourcen braucht und was wiederum Auswirkungen auf das Tempo der Klimaänderung haben könnte.

Im Kanton Graubünden wurden die energieineffizientesten Gebäude der letzten 100 Jahre in der Nachkriegszeit bis ca. 1970 erstellt. Gleichzeitig weist dieser Gebäudebestand das grösste Erneuerungs- und Renovationspotential auf.

Es ist in Zukunft wichtig, Bauvorschriften zu entwickeln und zu erlassen, welche Gebäude mit einer hohen Energieeffizienz vorsehen (also zum Beispiel mit einer guten Wärmedämmung). Solche Bauten benötigen weniger Energie für Heizung und Kühlung. Damit kann ein positiver Beitrag für das eigene Portemonnaie und für die Klimaentwicklung geleistet werden.

Baunormen und Baustandards werden im Rahmen von Baugesetzgebungen der Gemeinden festgelegt und sind Bestandteil der raumplanerischen Grundordnung. Eine Vorreiterrolle mit nationaler Resonanz hat die Gemeinde Flerden eingenommen: Sie hat eine «Energiegespar-Wohnzone» ausgeschieden, in welcher sie Bauland günstig zur Verfügung stellt unter der Bedingung, dass umweltgerecht gebaut wird. Das heisst: Die Häuser haben mindestens Minenergie-Standard, sind gut isoliert, mit Sonnenenergie beheizt und nutzen thermische Energien oder andere erneuerbare Energiequellen.

Gefahrenzonenausscheidung in der Ortsplanung.

Mit der Klimaänderung ändern sich auch die Naturgefahren (mehr Niederschlag-Extremereignisse, auftauender Permafrost usw.). Graubünden kann auf einen grossen Erfahrungsschatz im Umgang mit Naturgefahren zurückgreifen. Man hat die Natur beobachtet, sich ihr angepasst und die Siedlungen dort errichtet, wo die geringste Gefahr drohte. Mit Schutzbauten wurden bestehende Dörfer und Verkehrswege gegen Naturgefahren abgeschirmt und mit baulichem Mehraufwand versuchte man die Gefährdung von Verkehrswegen zu minimieren (beispielsweise mit Galerien).



Die Gefahrenzonenausscheidung hat im Kanton Graubünden Tradition. Bereits im Jahre 1963 wurde die Erstellung von sogenannten Gefahrenzonenplänen erstmals gesetzlich geregelt. Im Jahre 1971 hat die Regierung die ersten Richtlinien zur Ausarbeitung von Gefahrenzonenplänen erlassen und seither mehrmals revidiert. Fachleute sind sich heute einig: Die Gefahrenzonenausscheidung in Graubünden ist eine Erfolgsgeschichte. Dank des guten Umgangs mit Naturgefahren sind in Graubünden erwiesenermassen weniger Schäden aufgetreten als anderswo.

Als Grundlage für die Beurteilung des Gefährdungsgrades dienen der Ereigniskataster, die Karte der Phänomene, Angaben zur Geländeneigung, Gutachten, Gefahrenkarten oder bestehende Schutzbauten. Die Gefahrenzonen werden in der Ortsplanung festgelegt und umfassen, wie es der Name sagt, Gebiete, innerhalb derer mit Naturgefahren zu rechnen ist, namentlich mit Lawinen oder Gleitschnee, mit Hochwasser oder Rufen, Rutschungen oder Steinschlag. Es wird unterschieden zwischen einer roten Gefahrenzone (= hohe Gefahr) und einer blauen Gefahrenzone (= geringe Gefahr).

In der roten Gefahrenzone ist mit Naturgewalten mit vernichtender Wirkung zu rechnen. Es ist verboten, Gebäude zu errichten, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen. Die rote Gefahrenzone umfasst auch Gebiete, in denen Ereignisse schwächeren Ausmasses, aber mit grosser Häufigkeit auftreten. Die blaue Gefahrenzone umfasst Gebiete, in denen Naturgewalten nachgewiesen oder zu befürchten sind, die aber nicht in jedem Fall vernichtende Wirkung entfalten oder seltener auftreten. Gebäude, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen, bedürfen besonderer baulicher Schutzmassnahmen. Ohne diese werden die Gebäude nicht versichert.

Technische Beschneigung. Die Schneehöhen in tieferen Lagen haben seit 1980 deutlich abgenommen. Bergbahnbetreiber sehen sich deshalb gezwungen, Skipisten in Höhenlagen von 1200 bis 1600 m ü. M. technisch zu beschneien. In den höher gelegenen Regionen ist vor allem eine Abnahme der mittleren

Schneehöhe in der Frühwinterperiode, nämlich im November und Dezember, zu beobachten. Der zunehmenden Schneeunsicherheit wird mit technischer Beschneigung begegnet. Der Trend zur grossflächigen Beschneigung wird deshalb angesichts der zu erwartenden Klimaänderung anhalten. Beschneigungsanlagen gelten als entscheidende Massnahme, um die Wintersportsaison zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit aufrechtzuerhalten.

Rund 600'000 Franken kostet ein Kilometer beschneite Skipiste. Die Betriebskosten pro beschneitem Kilometer belaufen sich auf 20'000 Franken pro Jahr. Die Anlagen sind also kostenintensiv, sowohl im Bau wie auch im Betrieb. Und: Beschneigungsanlagen brauchen Wasser. Allein für die Beschneigung in Davos werden jährlich rund 600'000 Kubikmeter oder 22% des Verbrauchs der Landschaft Davos versprüht. Dies könnte Anpassungen am Wasserversorgungssystem oder bei den Wasserkraftwerken nötig machen. Beschneigungsanlagen benötigen eine Bau-



bewilligung für Bauten und Anlagen ausserhalb der Bauzone. Grössere zusammenhängende Gebiete (15–20 Hektaren), die beschneit werden, werden in der Nutzungsplanung erfasst. Im Rahmen der dazugehörigen Verfahren wird die Übereinstimmung der vorgesehenen Massnahmen mit den gesetzlichen Bestimmungen geprüft.

Lufthygiene. Die effizienteste Massnahme, um schädliche Emissionen zu vermindern, ist, diese zu vermeiden. Emissionen entstehen durch Verkehr, Industriebetriebe, Gewerbe, Heizungen etc. Für die Raumentwicklung bedeutet dies: die Siedlungsentwicklung und den Verkehr in der überörtlichen und in der örtlichen Planung aufeinander abzustimmen, und bei publikumsintensiven Einrichtungen optimal gelegene Standorte festzulegen und - je nach Nutzungsart - eine Groberschliessung unter besonderer Berücksichtigung von öffentlichen Verkehrsmitteln auszuarbeiten. Energieeffiziente Gebäude und energieeffiziente Raumstrukturen (Stichwort: möglichst

wenig Zwangsmobilität) sind gut für die Luft und auch für das Klima.

Schlusswort

Zwischen Raumentwicklung und der Klimaänderung gibt es vielfältige Zusammenhänge und Wechselbeziehungen. Die Kraft und die Stärke der Raumentwicklung liegt sicher im Agieren und in der kreativen Lösungsfindung: Durch kluge Dispositionen im Raum wird die Klimaentwicklung positiv beeinflusst, Fehlinvestitionen werden verhindert und die Gefährdung von Menschen und Sachwerten wird vorsorglich tief gehalten. Diese Strategie setzt voraus, dass man bereit ist, bereits heute die Klimaänderung als ernst zu nehmenden Faktor zu akzeptieren. Was sowohl in Hinblick auf unsere Nachkommen sehr wünschenswert wäre, aber auch aus ökonomischer Sicht, zeichnet sich doch diese Strategie durch ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis aus.



In der Raumentwicklung wird die Siedlungsentwicklung und der Verkehr in der Planung aufeinander abgestimmt. Für publikumsintensive Einrichtungen werden optimal gelegene Standorte festgelegt und in der Groberschliessung wird der öffentliche Verkehr berücksichtigt.

5.2 Klimaänderung und Naturgefahren

Christian Wilhelm, Amt für Wald

Unabhängig vom Klimawandel gab und gibt es immer wieder extreme Wetterereignisse, welche Naturgefahren auslösen können. Das seltene und unregelmässige Auftreten solcher Ereignisse macht es schwierig, aus den vergangenen Daten bereits einen Einfluss der Klimaänderung auf die Naturgefahren im regionalen Kontext nachzuweisen. Im Folgenden werden die Veränderungen bei Lawinen, Hochwasser und Permafrost in einem zukünftig wärmeren Klima diskutiert. Steinschlag, Rutschungen und Sturmwinde werden nicht betrachtet.

Vorangestellt sind praktische Beobachtungen des Forstdienstes und am Schluss werden die diesbezüglich geplanten Massnahmen des Regierungsprogrammes 2009 bis 2012 erläutert.

Der Ereigniskataster Naturgefahren StorMe

Der Forstdienst ist im Wald, aber im Zusammenhang mit Lawinen- und Steinschlagverbauungen auch im alpinen Gelände unterwegs. Deshalb ist es naheliegend, dass er auch mit der Erfassung von Lawinen, Steinschlag, Rutschungen und Murgängen betraut wurde. Seit 2002 erfassen und beschreiben die Revierförster jährlich rund hundert Ereignisse vor Ort. Sicherungsdienste des Tiefbauamtes und der Rhätischen Bahn (RhB) sammeln ‚ihre‘ Ereignisse ebenfalls und gemeinsam werden sie in der EDV Datenbank StorMe gespeichert. Via Internet können die Daten von Sachverständigen eingesehen und für die Erstellung von Gefahrenkarten, die Sperrung von Verkehrsträgern oder für die Beurteilung in akuten Gefahren- und Unwettersituationen sehr nützlich sein.

Der Erfassungszeitraum ist noch zu kurz, um einen Trend bei den Naturgefahrenereignissen in Graubünden nachzuweisen. Hingegen sind einzelne Ereignis-

se wie der vermehrte Steinschlag in höheren Lagen im Sommer 2003 eindeutig im Zusammenhang mit der extremen Wärmeperiode und damit auftauendem Felspermafrost zu erklären.

Interkantonales Mess- und Informationssystem IMIS

Der Kanton Graubünden hat in Zusammenarbeit mit dem Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Davos seit 1996 auf dem Kantonsgebiet 20 automa-





tische Schnee- und Wettermessstationen erstellt. Die Daten zu Schneehöhe, Niederschlag, Wind, Strahlung, Temperatur usw. werden ‚online‘ übertragen und nutzerfreundlich aufbereitet. Sie dienen u.a. den Gemeinden und Tiefbauämtern in Gefahrensituationen Siedlungsgebiete zu evakuieren und Verkehrsträger zu sperren. Für das SLF Davos sind die Daten eine wichtige Grundlage für die Lawinenbulletins, und dem Amt für Wald dienen sie um Schutzbauten

zu planen. Mittel- und längerfristig sind diese Daten auch sehr wertvoll, um die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schnee- und Wettersituation im regionalen Kontext zu beurteilen. Das Unwetter von 2005 hat gezeigt, dass weitere Stationen und neue Messungen zu Niederschlag und Abfluss dringend benötigt werden.



Das AfW erarbeitet die Entscheidungsgrundlagen für die Auscheidung von Gefahrenzonen und definiert die Bedingungen für bauliche Sofortmassnahmen. Dafür nötig ist die Erhebung von Ereignissen wie Lawinen, Steinschlag, Rutschungen und Murgängen. Im Regierungsprogramm 2009 bis 2012 ist der Entwicklungsschwerpunkt „Klimawandel und Naturgefahren“ verankert. Das AfW wird beauftragt, ein umfassendes Mess- und Informationssystem aufzubauen, Interventionskarten und ein Schutzbautenkataster auszuarbeiten, damit die Gefahren für exponierte Strassen, Bahnen und touristische Anlagen beurteilt werden können, Foto: WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

125 Jahre Gletschervermessung

Seit 125 Jahren erfasst der Forstdienst im Kanton Graubünden die jährliche Längenänderung von 22 Gletschern auf Kantonsgebiet. Jeweils am Ende der Sommersaison vermessen sie vor Ort den Rückzug oder Vorstoss des Eises und dokumentieren diese auf Karten und Fotos. Bei manchen Gletschern ist die Vermessung schwierig geworden, da verschiedene Gletscherzungen zunehmend mit Geröll bedeckt werden oder sich in Steilstufen zurückgezogen haben.

Generell sind die Gletscher stark im Rückzug. Da 90% der Gletscher in Graubünden kleiner als 1 km² sind, wird dieser Rückzug besonders augenfällig, da viele kleine Gletscher in den nächsten Jahrzehnten verschwinden werden (Bauder et al., 2009).

Eine extreme Hitzeperiode hat am 11. Juli 2006 bei Vadret da l'Alp Ota im Val Roseg zum partiellen Einbruch von Gletschereis geführt. Als Folge davon wurde Wasser aufgestaut und der nachfolgende Durchbruch hat viel Geröll und Schuttmassen erodiert und zu einem gewaltigen Murgang geführt, der eine Frau auf einem Wanderweg erfasst und tödlich verletzt hat.

Was verändert sich? (Marty et al., 2007)

Wie sich die prognostizierten Veränderungen (Temperatur, Niederschlag, etc.) auf Naturgefahren auswirken, hängt unter anderem davon ab, welche Schwellenwerte überschritten werden. Bezüglich des Schmelzens von Permafrost zum Beispiel ist die Dauer einer Wärmeperiode viel entscheidender als die Erhöhung des Temperatur-Maximalwertes. Beim Gerinneabfluss ist hingegen die Überschreitung von mittleren Maximalwerten massgebend.

Schneefall und Lawinen

Ausgangssituation: Für grosse, spontan abgehende und bis weit in die Täler vordringende Lawinen, so genannte Grosslawinen, spielt die allgemeine Witterung während des Winters nur eine untergeordnete Rolle. Entscheidend für solche Grosslawinen sind die Wetterverhältnisse wenige Tage bis Stunden vor



Die Ereigniskette ‚Extreme Wärmeperiode – Gletscherschmelze und partieller Wasseraufstau – und schliesslich Wasserausbruch mit starker Erosion von freiliegendem Geröll‘ hat ohne Niederschlag an einem schönen Sommertag im Juli 2006 zu diesem Murgang im Val Roseg geführt, Foto Chr. Wilhelm, AfW.

Schneemenge auf dem Weissfluhjoch (Davos)

Mittlere Schneehöhe im Winterhalbjahr in cm

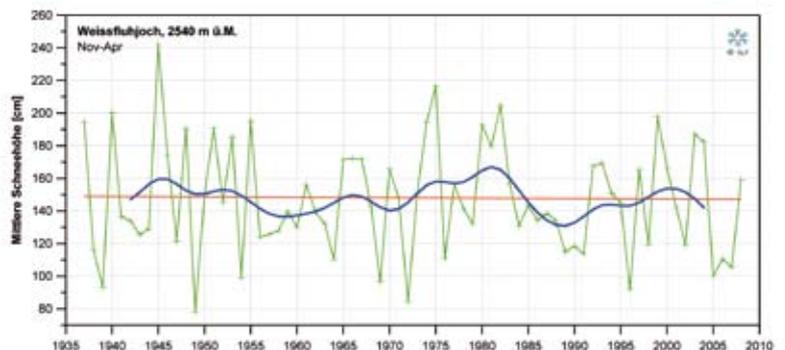


Abb. 5.2: Mittlere Schneehöhe im Winterhalbjahr auf dem Weissfluhjoch (Davos). Seit Messbeginn im Jahr 1936 ist kein signifikanter Trend ersichtlich (Marty et al., 2007).



dem Niedergang. Hauptauslöser für spontane Grosslawinen sind entweder intensive, lang anhaltende Schneefälle verbunden mit starken Schneeverfrachtungen oder aber eine rasche, markante Erwärmung mit evtl. Regen bis in grosse Höhen. Während die Anzahl Tage mit Schneebedeckung in tieferen Lagen massiv abgenommen hat, ist zur Schneehöhe in höheren Lagen kein signifikanter Trend ersichtlich (Abb. 5.2).

Erhöhen sich die Temperaturen im Winter, dann verkürzt sich die Dauer der Schneebedeckung und damit auch die zeitliche Periode, in der Lawinenniedergänge überhaupt zu erwarten sind. Diese Veränderungen dürfen nicht direkt in Verbindung gebracht werden mit der Zahl an zerstörerischen Lawinen, die im Laufe eines Jahres an einem bestimmten Ort niedergehen



Seit 125 Jahren erfasst der Forstdienst im Kanton Graubünden die jährliche Längenänderung von 22 Gletschern auf Kantonsgebiet. Die Gletscher sind heute stark im Rückzug. Da die Mehrheit der Gletscher in Graubünden klein sind, zeigt sich dieser Rückzug besonders deutlich: viele dieser kleinen Gletscher werden in den nächsten Jahren verschwinden, Foto Morteratschgletscher.

können. Die absehbaren Klimaveränderungen werden nichts daran ändern, dass lawinenauslösende, nur wenige Tage andauernde Wettersituationen auch künftig vorkommen können. Diese kommen vielleicht sogar häufiger vor, weil die intensiveren Niederschläge in den höher gelegenen Anrissgebieten von Grosslawinen weiterhin als Schnee fallen.

Fazit: Eindeutige Prognosen zur Veränderung der Lawinenaktivität als Folge der Klimaänderung liegen nicht vor. Trotz allgemeiner Abnahme der Schneemengen wird die Lawinengefahr für Grosslawinen nicht unbedingt abnehmen. Die positive Wirkung der Lawinerverbauungen zur Verhinderung von Grosslawinen sind z. B. in St. Antönien, Vals, Davos, Pontresina usw. eindrücklich nachweisbar. Dieser Effekt ist im Vergleich mit den derzeitigen unsicheren Auswirkungen durch die Klimaänderung auf Lawinen absolut dominierend.

Hochwasser und Murgänge

Hochwasserschäden werden vor allem von drei verschiedenen Ereignistypen verursacht: Lang anhaltende Regenfälle (oft kombiniert mit der Schneeschmelze), grossräumige Starkniederschläge und kurzzeitige, eng begrenzte Starkniederschläge während Gewittern. Diese drei Ereignistypen unterscheiden sich auch durch die damit einhergehenden Prozesse. Neben dem Wasser sind vor allem das Geschiebe sowie andere Feststoffe wie etwa Schwemmholz für die Schäden massgebend. So wurden die Ereignisse während des Hochwassers vom August 2005 in Klosters durch eine Kombination von anhaltenden, intensiven Niederschlägen mit lokalen Extremniederschlägen, kurzzeitigem Abschmelzen von Schnee im Gebiet des Silvrettagletschers, grossen Erosionsraten und entsprechendem Geschiebe- und Feststofftransport verursacht.

Höhere Niederschlagsintensitäten sind künftig zu erwarten, und die vermehrten Niederschläge im Winter führen zu regionalen und saisonalen Verschiebungen der Abflüsse. Die häufig fehlende oder bereits gesättigte Schneedecke vermag intensive Regenfälle nicht mehr zu dämpfen, so dass der Regen unmittelbarer zum Abfluss beiträgt. Die intensiveren Regenfälle



Grossflächige Überschwemmungen in Klosters im August 2005 mit ausserordentlichen Erosionen und Geschiebeverfrachtungen, Foto: Chr. Wilhelm, AfW.



führen auch zu grösseren Erosionsraten, was wiederum einen Einfluss auf den Geschiebetransport hat und die Murgangbildung begünstigt. Besonders kritisch für gefährliche Murgänge dürfte die zunehmende Intensität von lokalen Starkniederschlägen sein.

Fazit: Hochwasserereignisse werden häufiger vorkommen, und die Unwettersaison wird sich sowohl in den Spätwinter als auch in den Spätherbst ausdehnen. Murgänge werden mit grösserer Intensität und möglicherweise an bis anhin nicht bekannten Orten auftreten. Die möglichen Schadensschwerpunkte und das Spektrum der damit verbundenen Prozesse (Überschwemmungen, Ufererosion, Murgangbildung) werden sich dabei auch noch durch das Schmelzen von Permafrost und Gletscher verändern. In hochalpinen Lagen können durch den Gletscherrückgang verursachte Seen eine neue Gefahr darstellen.

Auftauender Permafrost

Permafrost oder ständig gefrorener Boden oberhalb von 2500 m ü.M. ist ein rein thermisches Phänomen und an sich keine Naturgefahr. Da Permafrostböden jedoch oft Eis enthalten, können Stabilitätsverluste eintreten, falls das Permafrosteis sich erwärmt oder

gar schmilzt. Somit können im schlimmsten Fall im Zusammenhang mit andauernd warmen Lufttemperaturen oder intensiven Niederschlägen Naturgefahren wie Steinschlag oder Murgänge in Permafrostgebieten entstehen. Am häufigsten treten in eishaltigen Böden bei warmen Temperaturen jedoch langsamere Ereignisse wie Kriechbewegungen oder Setzungen auf. Diese sind hauptsächlich eine technische Herausforderung für Bauten, die direkt im Permafrost verankert sind.

Permafrostböden reagieren unterschiedlich schnell auf eine äusserliche Erwärmung. Hangneigung, Schneebedeckung, Eisgehalt und Oberflächenbeschaffenheit sind mitentscheidend. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Schneedecke spielt hier eine sehr wichtige Rolle, da der Schnee je nach Jahreszeit und Mächtigkeit entweder eine isolierende oder eine kühlende Wirkung haben kann. In Lagen mit Permafrost kann der Boden mehr als 9 Monate des Jahres mit Schnee bedeckt sein. In diesen Höhen können aus den langen Messreihen noch keine Trends betreffend der Schneehöhe erkannt werden (Abb. 5.2), obwohl die Permafrosttemperaturen in den letzten 10 Jahren dort bereits zunehmen (Abb. 5.3).

Entwicklung der Bodentemperatur im Permafrost

Temperatur in 17.5 Meter Tiefe, Muot da Barba Peider, 1997 - 2008

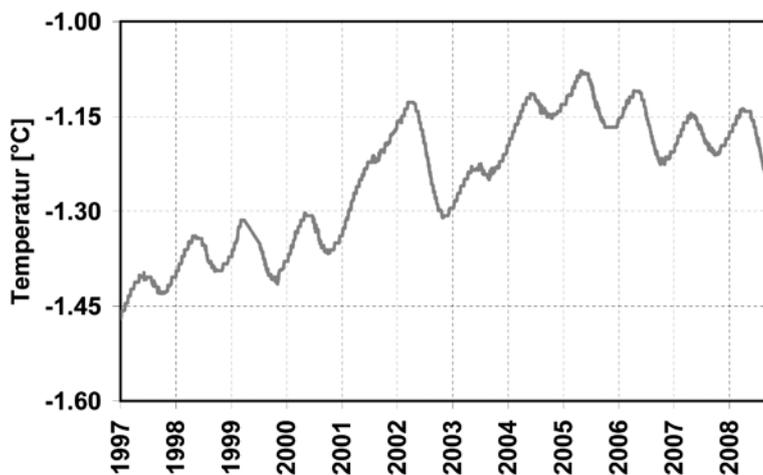


Abb. 5.3: Entwicklung der Bodentemperatur in 17.5 Meter Tiefe in einem Bohrloch im Permafrost auf 2960 m ü.M. (Muot da Barba Peider, oberhalb Pontresina) zwischen 1997 und 2008, Daten SLF Davos.

Groblockiges Lockermaterial (z.B. Schutthalden, Blockgletscher) kann nur steiler als 38° gelagert werden, wenn es durch grosse Eismengen zusammengehalten wird. Dies ist zum Beispiel der Fall in der Val Giandains Runse oberhalb Pontresina, wo sich eine steile, eisreiche Blockgletscherzunge befindet, die langsam talwärts kriecht (ca. 1 cm pro Jahr, Phillips et al., 2002). Da der Einfluss einer Erwärmung und intensive, anhaltende Niederschläge zur Bildung eines Murgangs führen könnten, wurde 2003 ein Schutzdamm für Pontresina gebaut.

Wie wird reagiert?

Der Entwicklungsschwerpunkt ‚Klimawandel und Naturgefahren‘ im Regierungsprogramm 2009-2012 beinhaltet vier Massnahmen.

a) Aufbau eines umfassenden Mess- und Informationssystems

Das bestehende Messnetz wird analysiert und vor allem für die Beurteilung von Sommernaturgefahren ausgebaut. Die Daten sollen auf einer einheitlichen EDV-Plattform aufbereitet und den Sachverständigen via Internet zugänglich sein.

Die bereits bestehende Ereigniserfassung und –beobachtung wird im Zusammenhang mit der Klimaänderung zu einem Umweltmonitoring ausgebaut. Neu wird z.B. bei der Vermessung von Gletschern auch beurteilt, ob neue Geröll- und Schuttfelder freiliegen und ob Murgang- oder Steinschlaggefährdung vorliegt. Die Messdaten, die Informationen und Beobachtungen vor Ort, erlauben sodann eine genauere



Schutzdämme gegen Murgänge und Lawinen oberhalb von Pontresina, Foto Chr. Wilhelm.



Einschätzung der Gefährdungslage. Trifft schliesslich eine Meteowarnung von den zuständigen Bundesstellen ein, sollte die räumliche und zeitliche Verbreitung eines Unwetters im Kanton Graubünden besser abschätzbar sein.

b) Ausarbeitung von Interventionskarten

Trotz grossen Anstrengungen haben die Unwetter 2002 in der Surselva und 2005 in Klosters und Susch grosse Sachschäden verursacht. Es verbleiben Restrisiken, die durch die Klimaänderung noch zu vermehrten Unsicherheiten führen. Die Einsatzkräfte sind im Ereignisfall besonders gefordert und benötigen Handlungsgrundlagen.

Die Gefahrenkarten Wasser enthalten vielfältige Informationen zu Erosion, Murgang und Überschwemmung. Diese Informationen werden in den neu zu erstellenden Interventionskarten pro Gefahrengebiet zielgerichtet aufgearbeitet und mit Massnahmen der Intervention (wo werden Sandsäcke verlegt, wo wird Wasser abgelenkt, wo werden Brücken freigehalten etc.) ergänzt. Die Gebäudeversicherung Graubünden mit der Feuerwehr und das Amt für Wald beabsichtigen, für fünf Gemeinden pro Jahr Interventionskarten zu erstellen. Damit sollen die Auswirkungen im Ereignisfall auch unter veränderten Klimabedingungen noch besser bewältigt werden können (vgl. auch Empfehlungen KOHS 2007).

c) Gefahrenbeurteilung für exponiertes Schadenpotential

Dank Gefahrenkarten wissen wir weitgehend, wo unsere Siedlungsgebiete von welchen Naturgefahren besonders bedroht sind. Darauf basierend scheiden die Gefahrenkommissionen des Amtes für Wald Gefahrenzonen aus, damit Raumplanung und Baugesetze gefahrenbezogen ausgestaltet werden können. Mit der Klimaveränderung werden aber vor allem exponierte Strassen, Bahnen, touristische Anlagen usw. ausserhalb der Bauzone betroffen sein. Die Gefahrenbeurteilung muss diesbezüglich ausgeweitet werden. Dank neuer Modelle sind vermehrt auch flächendeckende Abschätzungen zur Gefährdung durch Lawinen, Steinschlag usw. möglich. Damit

können präventive Schutzmassnahmen geplant und priorisiert werden.

d) Instandhaltung von Schutzbauten mittels Schutzbautenkataster

Seit Jahrzehnten werden vom Forstdienst Schutzwälder gepflegt und ergänzend Schutzbauten erstellt. So ist mit der Zeit ein riesiges Bauvolumen herangewachsen, in deren Schutz auch die Raumnutzung intensiviert wurde. Das Risiko für grosse Ereignisse, vor allem das Risiko für Sachschäden aus Unwettern, ist gestiegen. Die ersten Schutzbauten aus Steinmauern sind oft nicht mehr wirksam und die z.T. über fünfzig jährigen Lawinen- und Bachverbauungen müssen dringend instand gestellt werden. Dazu wird ein Schutzbautenkataster erarbeitet, um die mittelfristig anfallenden Arbeiten zu planen und die notwendigen finanziellen Mittel zu beantragen.

Literatur:

C. Marty, M. Phillips, M. Lehning, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF Davos, „Klimaänderung und Naturgefahren“, *Bündner Wald* 3/2007, 35-42, 2007.

MeteoSchweiz, PLANAT, „Klimaänderung und Naturkatastrophen in der Schweiz“, *Faktenblatt* 1, 2007.

KOHS, „Auswirkungen der Klimaänderung auf den Hochwasserschutz in der Schweiz“, Standortpapier der Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen, Wasserwirtschaftsverband (KOHS), *Wasser Energie Luft*, 99.Jg. Nr.1, 55-57, 2007.

A. Bauder, F. Funk-Salami, „Gletscher und Klimawandel in Graubünden“, *Faktenblatt Nr. 14, Amt für Wald Graubünden*, 2009.

M. Phillips, L. Arenson, A. Käab, M. Hoelzle, „Dem Permafrost oberhalb Pontresina auf der Spur. Vielfältige Untersuchungen geben Aufschluss über den Zustand des Blockgletschers“, *Bündner Wald* 4/02, 79-83, 2002.

5.3 Die Pioniergemeinde Pontresina im Umgang mit Permafrost

Felix Keller, Academia Engiadina, Samedan

In Pontresina entstanden auf Initiative des Hoteliers Zambail (Hotel Roseg) die ersten Lawinen- und Murgangverbauungen bereits 1882. Ein für diesen Beitrag besonderes Projekt aus dem Jahre 1892 hiess ‚106 Giandains‘. Infolge der beiden Weltkriege, Wirtschaftskrisen oder andersweitigen Prioritäten gelangte es erst 1978 zur Ausführung. In vier Etappen sollten durch den Einbau von leichten Stahlwerken mit Sprengankerfundationen Lawinen- und Rufenverbauungen in einem kritischen Steilhang oberhalb des Val Giandains realisiert werden. Doch bereits nach der ersten Etappe mussten die Arbeiten aus bautechnischen Gründen wieder eingestellt werden. Im Herbst 1987 ergaben Ankerversuche des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung Davos (SLF), dass dieses Gelände mit den bestehenden Techniken nicht verbaubar ist. Wasserführende, schmierige und sehr kalte Schichten behinderten das Bohren bereits ab 2.5 m Tiefe. Daraufhin identifizierte die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH-Zürich (VAW) mit einfachen Schneesondierungen kriechenden Permafrost. Dies war der Anfang des Weges zur Pioniergemeinde im Umgang mit Permafrost.

Wissenschaftliche Untersuchungen

Im Februar 1989 bewilligte das BUWAL das sogenannte Ergänzungsprojekt „Permafrost“, welches Grundlagenuntersuchungen zu den Schnee-Permafrost-Beziehungen, geophysikalische Baugrunduntersuchungen und eine erste Ingenieurstudie enthielt. Aus diesen Arbeiten konnten folgende Schlüsse gezogen werden:

- In der fraglichen Runse ist oberhalb rund 2'700 m ü. M. Permafrost mit einer Mächtigkeit zwischen 40 und 70 m vorhanden. Die Permafrosttemperaturen sind mit -0.6 °C , resp. -1.6 °C nahe dem Schmelzpunkt.





- Der identifizierte Permafrost könnte in den nächsten Jahren langsam abschmelzen; mit diesem Prozess geht eine Veränderung der Stabilität und der Erosionsanfälligkeit des Steilhanges einher. Infolge der sich dabei verändernden Disposition für Murgänge, müssen die vorwiegend auf Erfahrung basierenden Gefahrenggebiete in den Siedlungsgebieten von Pontresina neu beurteilt werden.

Beurteilung der veränderten Murganggefahr

Zur Beurteilung der Murganggefahr wurden robuste, empirische Methoden angewendet. Die berechneten Maximalabflüsse streuen zwischen 360 und 1'100 m³/s und konnten mit dem alten Gerinne nicht aufgenommen werden. Die grössten in Alpen beobachteten Murgangabflüsse liegen bei ca. 1'000 m³/s. Die Länge der Murgangablagerungen auf dem Kegel ist eine weitere wichtige Grösse, welche bei der angenommenen seltenen Murgangfracht von 25'000 m³ etwa 500 m beträgt und damit ca. 2/3 des Schwemmkegels von Pontresina betrifft. Das Siedlungsgebiet von Pontresina war also infolge der Veränderungen des Permafrostes durch zwar seltene jedoch sehr grosse Murgänge zunehmend bedroht. Die heute in der Raumplanung geltenden Sicherheitsansprüche konnten nicht mehr erfüllt werden.

Permafrostregionen sind im Alpenraum weit verbreitet. Mit schmelzendem Permafrost steigt auch die Gefahr von Murgängen. Pontresina ist direkt gefährdet durch Murgänge von dem Schafberg. Foto: Blick von Pontresina in Richtung Morteratsch-Gletscher und Piz Bernina.

Schutzmassnahmen

Nach einem sorgfältigen Variantenstudium entschied man sich für den Bau der 2003 fertiggestellten Schutzdämme (siehe auch Kap. 5.2, S. 88). Die zwei versetzten Dämme von je 230 m Länge, welche bergseits eine Höhe von 13.5 m aufweisen, konnten mit dem am Baustandort vorhandenen Material erstellt werden. Die maximale Breite beträgt 67 m. Die Dämme wurden an bestehende Geländekanten angepasst und die talseitigen terrassierten Böschungen renaturiert. Um Grosslawinen mit den 13.5 m hohen Dämmen sicher auffangen zu können, wurden zwei ebenfalls versetzte Vordämme im Auffangbecken mit einer bergseitigen Höhe von 8.15 m gebaut.

Pionierhaftes Vorgehen von Pontresina

Bis heute ist Pontresina von grösseren Naturkatastrophen verschont geblieben. Die weitsichtigen Investitionen in den Lawinen- und Murgangverbau trugen entscheidend dazu bei und verlangten von den Behörden stets eine intensive Auseinandersetzung mit den Naturgefahren. Schon früh beschäftigte sich Pontresina mit den möglichen Folgen von Klimaveränderungen und kann heute dank umfassenden Abklärungen als Pioniergemeinde in Sachen Permafrost, Rufen- und Lawinenschutz bezeichnet werden. Nach wie vor ist es nicht selbstverständlich, dass Schutzmassnahmen vor Naturgefahren vor dem Eintreffen von grossen Unglücken realisiert werden können.



2003 wurden 18 km Stahlschneebrücken als moderne Form der Lawinenverbauung oberhalb von Pontresina installiert, Foto M.Philipps, SLF.



Der Klimaweg

Zur Pioniergeschichte von Pontresina gehört auch der praktisch gleichzeitig entstandene Erlebnispfad ‚Auf den Spuren des Klimawandels‘, welcher 1999 von der ARGE ALP mit dem bronzenen Umweltpreis ausgezeichnet wurde und massgeblich vom Amt für Natur und Umwelt (ANU), dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften (sc|nat) unterstützt wurde. Interessierte Wanderer erfahren wertvolle und interessante Zusammenhänge über Klima, Tourismus, Berglandwirtschaft, Ökologie und Naturgefahren auf den hoch frequentierten Wanderwegen am Schafberg oberhalb von Pontresina.

Heute ist der Klimaweg über die Landesgrenzen bekannt und hat im August 2008 einen durch die ETH Zürich finanzierten virtuellen Bruder unter www.klimaweg.ethz.ch erhalten. Damit dürfte die Pionierleistung Pontresinas weltweit noch mehr Beachtung finden.

www.klimaweg.ethz.ch



Start 

Auf dem virtuellen Klimaweg (www.klimaweg.ethz.ch) können die Besucher Ihr Wissen auf spielerische Weise testen.

5.4 Klimawandel und Boden

Gianfranco Tognina, Amt für Natur und Umwelt

Boden als Speicher von Treibhausgasen

Die wichtigste Beziehung zwischen Boden und Klimasystem besteht im Austausch von Treibhausgasen, vor allem von Kohlendioxid (CO_2). Aber auch Lachgas (N_2O) und in besonderen Fällen Methan (CH_4) spielen eine Rolle (Abb. 5.4). Nach dem Ozean, der mit 38'000 Gt C mit Abstand das größte Kohlenstoffreservoir darstellt, ist der Boden der zweitgrößte Kohlenstoff-Speicher des Klimasystems. In ihm sind 1'500 Gt C gespeichert, in der Vegetation dagegen nur 600 und in der Atmosphäre 720 Gt C.

Die Vegetation ist die Brücke, über die Kohlendioxid (CO_2) aus der Atmosphäre in den Boden gelangt. Durch Photosynthese verwandeln grüne Pflanzen CO_2 aus der Atmosphäre in organische Verbindungen und bauen damit Biomasse auf. Etwa die Hälfte des aufgenommenen CO_2 wird durch die Atmung der Pflanze unmittelbar an die Atmosphäre wieder abgegeben. Ein Großteil der Biomasse fällt aber als Streu (Laub, heruntergefallene Zweige etc.) auf den Boden und wird durch Bodenorganismen zersetzt. Dabei wird der zuvor in der Pflanze gespeicherte Kohlenstoff bis auf einen geringen Teil, der als Humus längerfristig gespeichert bleibt, wieder frei und gelangt als CO_2 in die Bodenluft.

Vor allem durch die Aktivität der Bodenorganismen ist der CO_2 -Partialdruck im Boden höher als in der Atmosphäre. Dadurch gibt der Boden ständig CO_2 an die Atmosphäre ab. Im Mittel stehen die Aufnahme von CO_2 durch den Boden aus der Atmosphäre über die Vegetation und die Abgabe an die Atmosphäre über den höheren CO_2 -Partialdruck in einem ausgeglichenen Verhältnis. Regional kann es jedoch große Unterschiede geben, die auch durch die Nutzung des Bodens durch den Menschen stark beeinflusst sind. So können Moorböden durch deren Nutzung eine bedeutende CO_2 -

Quelle bilden. Dagegen zeigen Waldböden einen eher ausgeglichenen CO_2 -Austausch mit der Atmosphäre.

Neben Kohlendioxid (CO_2) sind auch Lachgas (N_2O) und in besonderen Fällen Methan (CH_4) wichtige Treibhausgase im Boden. Der Boden gibt sie ebenfalls an die Atmosphäre ab, nimmt sie aber nicht wie Kohlendioxid von ihr auf. Methan ist nach Kohlendioxid das zweitwichtigste Treibhausgas, das durch menschliche Aktivitäten emittiert wird. Es entsteht bei der Zersetzung von organischem Material unter Luftabschluss, d.h. anaerob.

N_2O entsteht aus anderen Stickstoffverbindungen einerseits auf natürlichem Wege, andererseits durch die landwirtschaftliche Düngung. Von Natur aus werden verschiedene Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre entweder durch Niederschlag deponiert oder durch Bakterien direkt aus der Luft fixiert. Eine

Austausch von Treibhausgasen mit der Atmosphäre

Schematische Darstellung

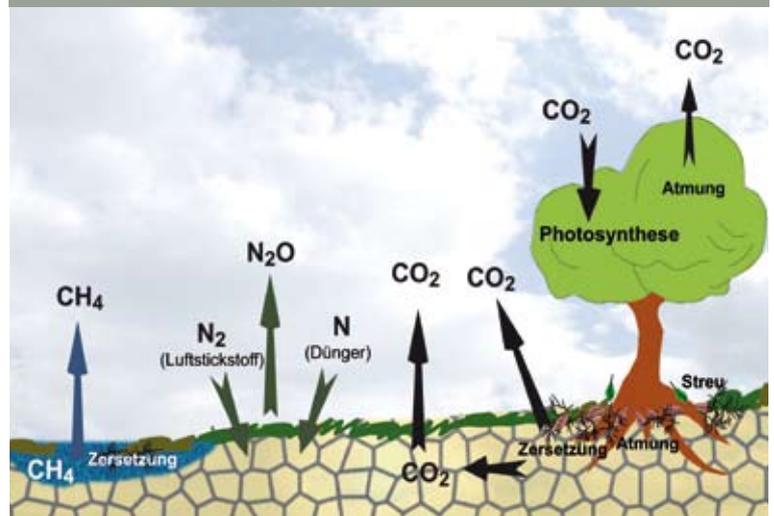


Abb. 5.4: Der Boden als Speicher und Emittent von Treibhausgasen, Bild ANU GR, 2009.



mengenmäßig sehr bedeutsame Quelle ist die Anwendung von organischem Dünger (Gülle und Mist) und anorganischen Kunstdüngern. Über verschiedene Umwandlungsprozesse im Boden entsteht das Treibhausgas N_2O , das dann in die Atmosphäre gelangt.

Bodenentwicklung und Rückzug der Gletscher bei Morteratsch

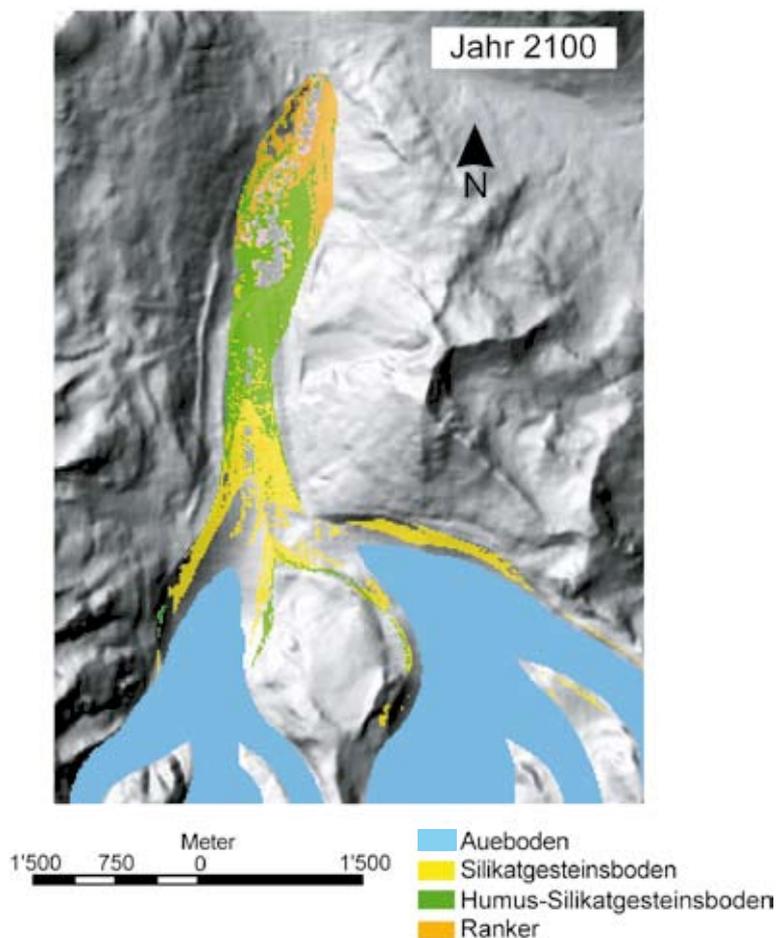


Abb. 5.5: Bodenentwicklung und Rückzug der Gletscher bei Morteratsch, Haeberli, 2007.

Kann der Klimawandel die Alpenböden verändern?

Bis jetzt gingen Forscher davon aus, dass der Boden auf Klimaänderungen langsam reagiert. Neue Untersuchungen der Universität Zürich zeigen jedoch, dass bereits innerhalb von wenigen Jahrzehnten sehr wohl klimabedingte Veränderungen im Boden nachgewiesen werden können. Klimaänderungen werden demnach auch Auswirkungen auf den Boden haben. Aufgrund seiner natürlichen Eigenschaften als Puffer, Filter, Wasserspeicher und -regulator, Pflanzenstandort sowie als wichtiger Bestandteil der Landschaft hat der Boden im Naturraum eine zentrale Stellung. Das Innenleben des Bodens entzieht sich aber unserem direkten Blick.

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass der Boden ein träge reagierendes Medium ist. Veränderungen zeichnen sich erst nach Jahrhunderten bis Jahrtausenden ab. Forscher der Universität Zürich sind der Frage nachgegangen, ob die Klimaänderungen bereits Auswirkungen auf Böden der Schweiz zeigen. Dazu wurden verschiedene Standorte untersucht, darunter im hochalpinen Raum das Gletschervorfeld Morteratsch im Oberengadin (Abb. 5.5) und das Vereinatal bei Klosters. Böden können demnach innerhalb weniger Jahrzehnte auf veränderte Klimabedingungen reagieren. Zwei verschiedene Tendenzen können ausgemacht werden: Reaktion von sehr jungen Böden (Gletschervorfelder) und Reaktion älterer Böden.

Auf den heutigen eisfreien Gletschervorfeldern bildeten sich seit der kleinen Eiszeit (ca. 1850) neue, flachgründige Böden. In den kommenden Jahrzehnten ist ein weiterer Rückzug der Gletscher und ein rasches Ausbreiten der Böden zu erwarten. Flächenmässig sind diese Böden jedoch von untergeordneter Bedeutung. Außerhalb der Gletschervorfelder (äl-

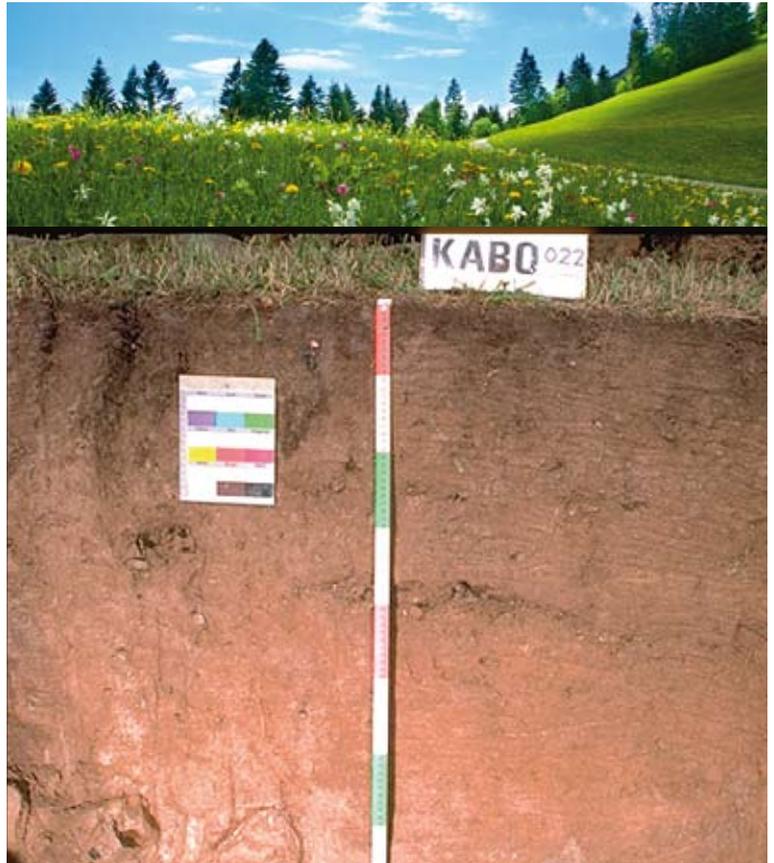


tere Böden) fallen die Änderungen weniger deutlich aus. Eine starke Erwärmung kann jedoch, wie die Ergebnisse aus dem Verejnatal zeigen, zu einem deutlichen Humusabbau, Absterben von Wurzeln und Rückgang der Pflanzenproduktivität führen. Dies bewirkt seinerseits eine verstärkte Freisetzung des Treibhausgases CO₂.

Das Treibhausgas CO₂ in den Böden Graubündens

Boden ist also ein wichtiger Kohlenstoffspeicher. Wird Humus abgebaut, schliesst sich der Kreislauf des Kohlenstoffs, indem CO₂ in die Atmosphäre zurückkehrt. Der Boden wirkt somit als Drehscheibe des Kohlenstoffkreislaufs. Aufgrund der Daten des Amtes für Natur und Umwelt speichern die land- und forstwirtschaftlichen Böden des Kantons Graubünden in ihren obersten 20 cm Mineralerde 64 Mt Humus. Dies entspricht einer Kohlenstoffmenge von 37 Mt organisches C oder einer CO₂-Menge von 136 Mt.

Wissenschaftliche Modellberechnungen - denen rund 40 verschiedene Szenarien zugrunde liegen - zeigen, dass die globale Durchschnittstemperatur bis 2100 um 1.4 bis 5.8°C steigt, in unseren Breitengraden um ca. 3°C. Grobe Schätzungen gehen davon aus, dass für jedes Grad Celsius Temperaturanstieg rund 5% der vorhandenen Humusmenge abgebaut wird. Allerdings können diese Annahmen in Abhängigkeit der Niederschlagsmengen, der Trockenheit, der Exposition sowie der Entwicklung von Flora und Bodenmikroorganismen starke Änderungen erfahren. Demzufolge könnten die Böden des Kantons Graubünden bis 2100 - bei einem Temperaturanstieg bis zu +3°C - einen Verlust an organischer Substanz von 15% erleiden. Bezogen auf unseren Betrachtungshorizont - oberste 20 cm mineralischer Boden - entspricht dies einer Menge von 9.6 Mt Humus entsprechend 5.6 Mt organisches C, was einer Kohlendioxidabgabe an die Atmosphäre von 21 Mt CO₂ entsprechen würde. Umgerechnet beträgt der durchschnittliche CO₂-Verlust bis ins Jahr 2100 227 kt CO₂/Jahr. Dies entspricht 11% der gesamten CO₂-Emissionen des Kantons Graubünden von ca. 2'000 Kt CO₂/Jahr.



Aufnahme eines Bodenprofils (saure Braunerde) unter Dauergrünland in Davos Frauenkirch auf 1510 m ü. M. Im oberen dunkel gefärbten Teil ist der Humus eingelagert. In den obersten 20 cm dieses Bodens sind je m² rund 37 kg CO₂ gebunden. Das ANU wird auch künftig einen Beitrag an die Erhebung der Datengrundlagen von Bodeneigenschaften leisten, Foto ANU.

Gebundener Kohlenstoff in den Böden Graubündens

Menge C in Megatonnen (Mt)

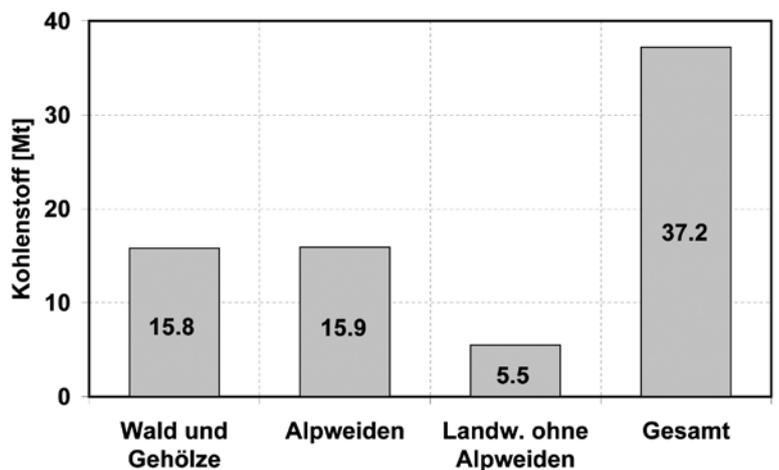


Abb. 5.6: In den Böden Graubündens sind grosse Mengen an Kohlenstoff gebunden. Bei einem Temperaturanstieg wird ein Teil davon in der Form von CO₂ freigesetzt.



Weil der Boden im gesamten Ökosystem eine zentrale Stelle einnimmt, wären Kenntnisse über dessen zukünftige Entwicklung von enormer Wichtigkeit. Besonders im alpinen Raum sind die Grundlagen zu den Bodeneigenschaften und deren räumlichen Verbreitung jedoch extrem dürftig. Da besteht ein sehr großer Nachholbedarf um Entwicklungen und Folgen nur annähernd antizipieren zu können. Diesbezüglich ist das ANU GR auch in Zukunft aufgefordert, einen Beitrag an die Erhebung von Datengrundlagen zu leisten.

Literatur

ANU GR, „Stand der Luftreinhaltemassnahmen im Kanton Graubünden 2006“, 2007.

D. Powlson, „Will soil amplify climate change?“, *Nature* 433, 204-205, 2005.

M. Egli, G. Sartori, A. Mirabella, F. Favilli, „Effect of north and south exposure on organic matter in high Alpine soils“, *Geoderma*, 149, 124-136, 2009.

M. Egli, C. Merkli, G. Sartori, A. Mirabella, M. Plötze, „Weathering, mineralogical evolution and soil organic matter along a Holocene soil toposequence on carbonate-rich materials“, *Geomorphology*, 97, 675-696, 2008.

M. Egli, C. Hitz, P. Fitze, A. Mirabella, „Experimental determination of climate change effects on above-ground and below-ground organic matter in alpine grasslands by translocation of soil cores“, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167, 457-470, 2004.

W. Haeberli, M. Egli, F. Keller, B. Krüsi, C. Rothenbuehler, J. Meilwes, S. Gruber, „Raumzeitliche Informationen über schnelle Klimaänderungen in hochalpinen Umweltsystemen als strategisches Werkzeug für Analyse, Kommunikation, partizipative Planung und Management im Tourismusgebiet Oberengadin“, Schlussbericht GISALP, NFP48 (Nationales Forschungsprogramm „Alpen“), *vdf-Verlag*, 2007.

„Globale Erwärmung“ Microsoft® Encarta®, *Online-Enzyklopädie*, 2008.

R. Zanelli, M. Egli, P. Fitze, D. Giaccai, A. Mirabella, A., „Influence of laurophyllous species, chestnut and native vegetation on organic matter in soils in Southern Switzerland and Northern Italy“, *Geoderma*, 136, 723-737, 2006.

Beiträge von Gemeinden



6. Energiesparmassnahmen und Beiträge zur CO₂-Reduktion in Gemeinden

- 6.1 Bilanzierung und Reduktion der CO₂-Emissionen in der Landschaft Davos
- 6.2 Fernwärmeprojekt Chur
- 6.3 Clean Energy St. Moritz
- 6.4 Energiestadt



Die Landschaft Davos hat als Wintersportdestination und als Luftkurort ein besonderes Interesse, das Klima zu schützen. Deshalb wurde eine Studie in Auftrag gegeben, den CO₂-Haushalt für die politische Gemeinde Davos zu bilanzieren. Dabei sollen die wichtigsten CO₂-Produzenten eruiert, die CO₂-Senken identifiziert und die Wirksamkeit verschiedener Massnahmen zur CO₂-Reduktion geprüft werden. Gemäss Studie weisen die Gebäude das weitaus grösste Reduktionspotenzial auf.

Die Stadt Chur setzt beim Heizen von Gebäuden u.a. auf Fernwärme aus der Kehrichtverbrennungsanlage in Trimmis als erneuerbare Energiequelle. Im Gebiet Chur Nord sollen deshalb verschiedene grosse Wärmebezügler (Kantonsspital, psychiatrische Klinik, etc.) an eine Fernwärmeleitung angeschlossen werden. Damit lässt sich ein namhafter Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emmission und der Feinstaubbelastung in der Region leisten.

Die Gemeinde St. Moritz hat sich schon früh für die Förderung erneuerbarer Energien aus Wasser, Sonne, Wind und Biogas eingesetzt. Zu diesem Zweck wurde der Verein „Clean Energy St. Moritz Engadin“ gegründet. Der Verein gründete vor Jahren die Alpen Akademie Engadin, vermarktet heute rund 20 Energie-Attraktionen und ist ein aktiver Partner und Berater, wenn es um die Steigerung der Energieeffizienz der Ferienregion geht.

Im Zuge dieser Aktivitäten wurde St. Moritz zur höchst gelegenen Energiestadt der Alpen gekürt. Um das Label „Energiestadt“ führen zu dürfen, müssen von den betreffenden Gemeinden verschiedene Massnahmen gefördert und umgesetzt werden, die den Verbrauch von Brenn- und Treibstoffen und damit den CO₂-Ausstoss reduzieren. Damit leisten die Energiestadtgemeinden einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.



6. Mesiras per spagnar energia e contribuziuns per reducir il CO₂ en las vischnancas

- 6.1 Bilantschaziun e reducziun da las emissiuns da CO₂ a Tavau
- 6.2 Project da chalur a distanza a Cuira
- 6.3 San Murezzan – Clean Energy
- 6.4 Citad d'energia

Sco destinaziun da sport d'enviern e sco lieu da cura ha Tavau in interess spezial vi da la protecziun dal clima. Perquai ha la vischnanca politica da Tavau laschè far in studi che duai preschentar sia bilantscha da CO₂. La finamira è quella d'eruir ils producents da CO₂ ils pli impurtants, d'identifitgar ils absorbaders da CO₂ e d'examinar l'efficacità da differentas mesiras per reducir il CO₂. Tenor il studi han ils edifizis lunschor il potenzial da reducziun il pli grond.

Per stgandar edifizis favurisescha la citad da Cuira tranter auter chalur a distanza che deriva dal stabiliment per arder ruments a Trimmis e ch'è ina funtauna d'energia regenerabla. En il territori da Cuira nord duain perquai differentes gronds consuments da chalur (ospital chantunal, clinica psichiatrica e.u.v.) vegnir colliads cun ina lingia da chalur a distanza. Quai gida a reducir considerablamain l'emissiun da CO₂ e la concentrasiun da pulvra fina en la regiun.

La vischnanca da San Murezzan è s'engaschada gia baud per la promoziun d'energias regenerablas or da l'aua, or dal sulegl, or dal vent ed or dal biogas. Per quest intent è vegnida fundada l'uniun „Clean Energy St. Moritz Engadin“. L'uniun ha fundà avant onns la Alpen Akademie Engadin, commercialisescha oz var 20 attracziuns d'energia ed è ina partenaria e cussegliaadra activa, sch'i sa tracta d'augmentar l'effizienz energetica da la regiun da vacanzas.

En il rom da questas activitads è San Murezzan vegnì tschernì sco citad d'energia la pli auta da las Alps. Per dastgar portar il label „citad d'energia“ ston las vischnancas respectivas promover e realisar differentas mesiras che reduceschan il consum da combustibels e da carburants ed uschia er l'emissiun da CO₂. Las vischnancas che portan il label „citad d'energia“ prestan ina contribuziun impurtanta a la protecziun dal clima.



6. I provvedimenti per il risparmio di energia e contributi alla riduzione del CO₂ nei Comuni

- 6.1 Il bilancio e la riduzione delle emissioni di CO₂ nella regione di Davos
- 6.2 Il progetto Teletermica di Coira
- 6.3 St. Moritz – Clean Energy
- 6.4 La Città dell'energia

La Landschaft Davos in quanto destinazione per gli sport invernali e luogo di cura ha un interesse particolare alla protezione del clima. Pertanto è stato commissionato uno studio su come bilanciare l'economia del CO₂ per il Comune politico di Davos. Al riguardo si dovevano appurare i più importanti produttori di CO₂, identificare i serbatoi di CO₂ ed esaminare l'efficacia delle diverse misure per ridurre il CO₂. In base a detto studio gli edifici presentano il massimo potenziale di riduzione.

La Città di Coira, per il riscaldamento degli edifici tra l'altro fa capo alla teletermica prodotta dall'impianto per l'incenerimento dei rifiuti a Trimmis in quanto fonte di energia rinnovabile. Nella zona nord di Coira pertanto gli edifici che richiedono una notevole quantità di calore (Ospedale cantonale, Clinica psichiatrica ecc.) dovranno essere allacciati alla rete teletermica. In tal modo si può fornire un notevole contributo alla riduzione delle emissioni di CO₂ e all'inquinamento ad opera della polvere sottile nella regione.

Il Comune di St. Moritz si è impegnato ben presto nella promozione delle energie rinnovabili fornite dall'acqua, dal sole, dal vento e dal biogas. A tal fine è stata fondata l'associazione „Clean Energy St. Moritz Engadin“. Anni fa l'associazione fondò la „Alpen Akademien Engadin“, che attualmente commercia circa 20 attrattive energetiche ed è un valido partner e consulente quando si tratta di incrementare l'efficienza energetica in questa regione di vacanza.

In tale ambito St. Moritz è stata nominata Città dell'energia più alta delle Alpi. Per aver il diritto di fregiarsi del Label „Città dell'energia“, i relativi Comuni devono promuovere e realizzare diverse misure che riducano l'uso di carburanti e combustibili e con ciò l'emissione del CO₂. In tal modo detti Comuni dell'energia forniscono un importante contributo alla protezione del clima.



6.1 Bilanzierung und Reduktion der CO₂-Emissionen in der Landschaft Davos

Gian Paul Calonder*, Frank Hagedorn**, Corina Lardelli***, Corinne Lundström***, Veronika Stöckli *** und Ariane Walz ***

* Umweltschutzbeauftragter, Davos, ** Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, *** Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos

Die Erkenntnis, dass der Mensch den Treibhauseffekt wesentlich fördert, veranlasst die Verantwortlichen weltweit dazu, Regelungen und Massnahmen zum Klimaschutz zu treffen. Die Schweiz hat sich mit der Unterzeichnung und Ratifizierung des Kyoto-Protokolls zu einer aktiven Klimapolitik verpflichtet, zu der auch die Gemeinde Landschaft Davos über eine Reduktion ihrer CO₂-Emissionen beitragen möchte. Wichtige Grundlagen hierzu sind fundierte Kenntnisse über die wichtigsten Emittenten sowie über die Wirksamkeit von Massnahmen. Davos hat mit der CO₂-Bilanz diese Grundlage geschaffen.

Regionale CO₂-Bilanz als Entscheidungsgrundlage

Um eine regionale CO₂-Bilanz zu erstellen, bedurfte es zunächst einer Definition des zu betrachtenden Systems. So wurde die Gemeindegrenze als Systemgrenze definiert, sowie die hauptsächlichsten Emissionsquellen und Senken identifiziert. In einem zweiten Schritt galt es, die CO₂-Emissionen und -Einlagerungen zu quantifizieren. Dazu mussten die entsprechenden Daten zusammengetragen und die Emissions- und Reduktionsfaktoren eruiert werden. Die CO₂-Bilanz für Davos basiert auf Kennzahlen und Daten, die im Jahr 2005 erhoben wurden.

Ergebnisse mit Überraschungen

Gemäss der Bilanzierung wurden im Jahr 2005 rund 109'330 Tonnen CO₂ emittiert (vorgelagerte und direkte CO₂-Emissionen). Demgegenüber können Biomasse und Boden jährlich nur 11'270 Tonnen CO₂ oder 12% des in Davos ausgestossenen CO₂ binden. Die anthropogen bedingten Senken machen 3'370 Tonnen CO₂ aus. Insgesamt hat die Klimastudie ein Bilanzdefizit von 94'539 Tonnen CO₂ ausgewiesen. Der CO₂-Ausstoss liegt mit 7.5 Tonnen pro Einwohner und Jahr deutlich über dem Mittelwert für die Schweiz. Dies kann vornehmlich mit der intensiveren Heizperiode erklärt werden.

Als grösste CO₂-Quelle mit rund 76% der CO₂-Emissionen wurde die Wärmeerzeugung identifiziert. An zweiter Stelle kommt der Verkehr mit rund 17'000 Tonnen, was 17% der Emissionen entspricht, gefolgt vom Bereich Licht und Maschinen mit rund 3'000 Tonnen CO₂. Für die Abfallentsorgung, welche grösstenteils ausserhalb der Gemeinde erfolgt, wurde ein Wert von 3'900 Tonnen CO₂ pro Jahr berechnet. Von den insgesamt 76'000 Tonnen CO₂, welche für die Wärmeerzeugung ausgestossen wurden, sind rund 98% auf die Verbrennung von Heizöl zurückzuführen. Am meisten CO₂ wird für das Beheizen von Erst- und Zweitwohnungen ausgestossen (59%), gefolgt von den Hotels (16%), dem Sektor Industrie und Gewerbe (10%), den Kliniken (7%), etc.

CO₂-Einsparungen für verschiedene Massnahmen

Reduktionspotenzial in %

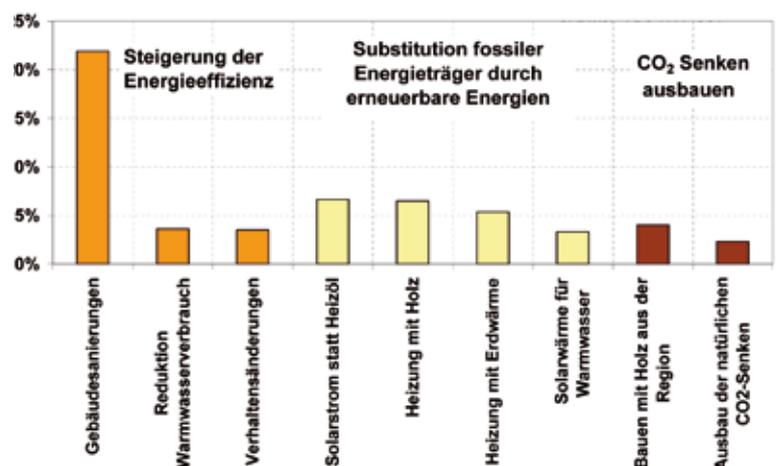


Abb. 6.1: Auf Davos bezogenes und mittelfristig umsetzbares Reduktionspotenzial für CO₂.

Quelle: SLF, WSL, Gemeinde Davos; 2006: CO₂-Bilanzstudie für Davos.



Wirksamkeit von Massnahmen

Die Studie hat über 60 Massnahmen zur Verbesserung der CO₂-Bilanz auf ihre Wirkung untersucht. Für jede Massnahme wurde ein auf Davos bezogenes und mittelfristig umsetzbares Reduktionspotenzial berechnet. Die Abb. 6.1 zeigt die relativen Reduktionspotenziale für eine Auswahl von Massnahmen.



In der Gemeinde Davos wird mit 7.5 Tonnen CO₂ pro Einwohner und Jahr deutlich mehr CO₂ ausgestossen als im schweizerischen Durchschnitt. Dies kann mit der intensiven Heizperiode erklärt werden. In Davos ist denn auch die Wärmeerzeugung die grösste CO₂-Quelle, welche zudem das grösste Reduktionspotenzial aufweist.



Gebäudesanierungen bringen am meisten

Die CO₂-Bilanz hat bei den Gebäuden eine erhebliche Steigerung der Energieeffizienz identifiziert. In Davos kann die wärmetechnisch ineffiziente Bausubstanz auch mit der Geschichte des Ortes erklärt werden. Mit der Umstrukturierung von Davos zum Wintersportort und mit der späteren Bauverdichtung erfuhr der Ort innerhalb relativ kurzer Zeitperioden grosse Veränderungen. Zu jener Zeit sind viele Altbauten abgerissen, neu und meistens auch schnell aufgebaut und, vielfach als Zweitwohnungen, im Stockwerkeigentum weiterverkauft worden. Weil energietechnische Aspekte keine Rolle spielten, sind viele dieser Gebäude energetisch gesehen in einem schlechten Zustand. Die drei Gebäudekomponenten, die am häufigsten wärmetechnisch saniert werden, sind Aussenfassaden, Dach und Fenster. Mit einer durchschnittlichen Einsparung von 40% Wärmeenergieverbrauch ist die Fassadenisolation die wirksamste Sanierungsmassnahme (Erfahrungswert Gemeinde Davos). Fenster- und Dachsanierung kommen einzeln jeweils auf Einsparungen von 15-20% bzw. 10% (Erfahrungswerte Gemeinde Davos). Unter Ausschluss der nach 1990 erstellten Neubauten sowie der bereits sanierten Altbauten, können durch Sanierungsmassnahmen insgesamt 22% der CO₂-Emissionen reduziert werden: 3.0% über Dachisolationen, 4.6% über isolierverglaste Fenster und 14.4% über die Isolation von Aussenfassaden.

Nur wenige Möglichkeiten bei der lokalen Mobilität

Von den untersuchten Massnahmen im Bereich Mobilität innerhalb der Gemeindegrenzen hat keine Massnahme durch ein deutliches CO₂-Einsparpotenzial überzeugt. Für alle untersuchten Massnahmen, wurden Reduktionspotenziale unter 1% berechnet. Einzig die Umstellung auf sparsame Autos z.B. das 3-Liter Auto, würde eine spürbare Reduktion der CO₂-Emissionen mit sich bringen. Im Mobilitätsbereich müssen überregionale Massnahmen greifen.

Grosses Potenzial bei den erneuerbaren Energien

Die Studie hat auch bei den neuen erneuerbaren Energien ein deutliches Steigerungspotenzial identifiziert. In Davos wird mehrheitlich Wasserkraft als erneuerbare Energiequelle für die Produktion von Strom eingesetzt. Erneuerbare Energiequellen, die ganz oder teilweise für die Wärmeerzeugung eingesetzt werden, wie Wärmekraftkoppelungs-Anlagen, Sonnenkollektoren, Erdwärmesonden und Holzheizungen, sind mit rund 5% an der gesamten Wärmeerzeugung deutlich untervertreten. Damit im Bereich der Wärmeerzeugung der CO₂-Ausstoss reduziert werden kann, muss die Nutzung der neuen erneuerbaren Energien gefördert werden.

Heizverhalten hat Einsparpotenzial

Der Energieverbrauch für das Bereitstellen von Raumwärme wird im Wesentlichen durch die Raum-



„Energiesiegel“ Davos: Gütesiegel mit Zukunft. Seit November 2008 wird die Abwärme der Kälteerzeugungsmaschinen der offenen Kunsteisbahn aufbereitet und über eine Fernwärmeleitung ins Hallenbad geleitet. Dadurch werden jährlich rund 350 Tonnen weniger CO₂ ausgestossen, Foto EWD (D.Schneider, C. Nett).



temperatur und durch Luftaustausch bestimmt. Diese sind vom Verhalten der Nutzerin oder des Nutzers abhängig. Die Studie hat verschiedene Massnahmen zur Reduktion der Raumtemperatur geprüft, und es konnten kleine bis mittlere Einsparpotenziale ausgewiesen werden. Für Massnahmen, die im Zusammenhang mit dem Beheizen von Zweitwohnungen standen, blieben die berechneten Einsparpotenziale unter den hohen Erwartungen.

Holznutzung muss intensiviert werden

In der Studie wurde auch untersucht wie das Holz als nachwachsender, CO₂-neutraler Rohstoff, einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Reduktion liefern könnte. Mit der gesteigerten Nutzung von Holz als Brennstoff kann die CO₂-Bilanz nur geringfügig verbessert werden. Das Angebot von 5'000 m³ (Festmeter) Brennholz, was der maximalen Nutzungsmenge an Brennholz aus dem Davoser Wald entspricht, würde nur gerade ausreichen um 3% des Wärmebedarfs abzudecken. Die Umwidmung von 50% der heute extensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen unterhalb 2000 m ü.M. zu Wald hätte ebenfalls nur eine geringe Senkenwirkung zur Folge. Einzig eine verstärkte Nutzung von Davoser Holz als Konstruktions- und Werkholz vor Ort bzw. als CO₂-armer Baustoff könnte die Senkenwirkung sowohl über eine Vergrösserung des Holzlagers als auch über den Ersatz energieintensiver Baumaterialien deutlich ver-

bessern. Gemäss der Studie können die höchsten CO₂-Reduktionen erreicht werden, wenn das Davoser Holz zuerst vor Ort als Konstruktions- und Werkholz genutzt und später, am Ende seiner Einsatzmöglichkeiten, energetisch verwertet wird.

Wem nützt die Klimastudie?

Die CO₂-Bilanzstudie für Davos basiert grösstenteils auf lokal erfasste Daten und hat deswegen, gegenüber einer Bilanzierung mit einem CO₂-Modellrechner und Daten aus der letzten Volkszählung, eine deutlich sicherere Wertgenauigkeit. Das umfangreiche Zahlenmaterial, das in der Studie zusammengetragen wurde, stösst auch zwei Jahre nach ihrem Abschluss immer noch auf Interesse und ist in zahlreichen Folgestudien und Arbeiten verwertet worden. Mit der Quantifizierung der Wirkung von verschiedenen energie- und klimapolitischen Massnahmen konnte zudem aufgezeigt werden, wo die Landschaft Davos bzw. eine Tourismusdestination in den Alpen bei den Treibhausgasen mittelfristig die grössten Reduktionspotenziale erzielen kann. Erkenntnisse, die bei der Zusammenstellung des neuen energiepolitischen Aktionsprogramms für die Gemeinde Davos eine wichtige Orientierungsgrundlage bildeten.





6.2 Fernwärmeprojekt Chur

Roland Treppe, Stadtrat, Chur

Ausgangslage

Der Gemeindeverband für Abfallentsorgung in Graubünden (GEVAG) produziert in der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) in Trimmis im Rahmen seiner Abfallentsorgungstätigkeit Energie, die in Form von Dampf und Strom genutzt wird. Die rund sechs Kilometer nördlich von Chur stehende KVA entspricht einem Kraftwerk das jährlich mit rund 100'000 Tonnen Abfall als Brennstoff betrieben wird. Die erzeugte Energie betrug 2007 etwas mehr als 44 Mio. kWh elektrischer Energie, inkl. Eigenbedarf, und rund 51 Mio. kWh thermischer Energie. Ein Teil davon wird an die Papierfabrik LandQart, an eine Grossgärtnerei in Landquart und an öffentliche Bauten der Gemeinde Igis geliefert. Die verbleibende thermische Energie wird über eine Dampfturbine-Generatorgruppe in Strom umgewandelt und ins regionale Netz eingespielen.

Zielsetzung

Fernwärme aus einer KVA zu nutzen ist ökologisch sehr sinnvoll und wirtschaftlicher als die Umwandlung der thermischen Energie in elektrischen Strom (infolge der Umwandlungsverluste). Die Wärmenutzung über eine Fernwärmeverbundleitung trägt dazu bei, dass der CO₂-Ausstoss verringert werden kann. Dies ist ein wichtiger Beitrag zum Abbau der Umweltbelastung. Hinzu kommt, dass mit der Fernwärme die Energieeffizienz gesteigert und die lokale Energieabhängigkeit reduziert werden kann.

Projektidee

Die Organe des Kantonsspitals Graubünden haben strategisch entschieden, auf die Energieträgervariante Fernwärme zu setzen und das Energieanreizmodell der „2000 Watt – Gesellschaft“ bei der zukünftigen Bauplanung anzustreben. Damit soll ein Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionswerte und Fein-

staubbelastung in der Region geleistet werden. Mit dieser Entscheidung über die zukünftige Entwicklung und Ausrichtung des Spitalplatzes Chur drängen sich bauliche Massnahmen am Hauptstandort auf. Dabei muss unter anderem auch die Heizzentrale in den Jahren 2010/2011 ersetzt werden.

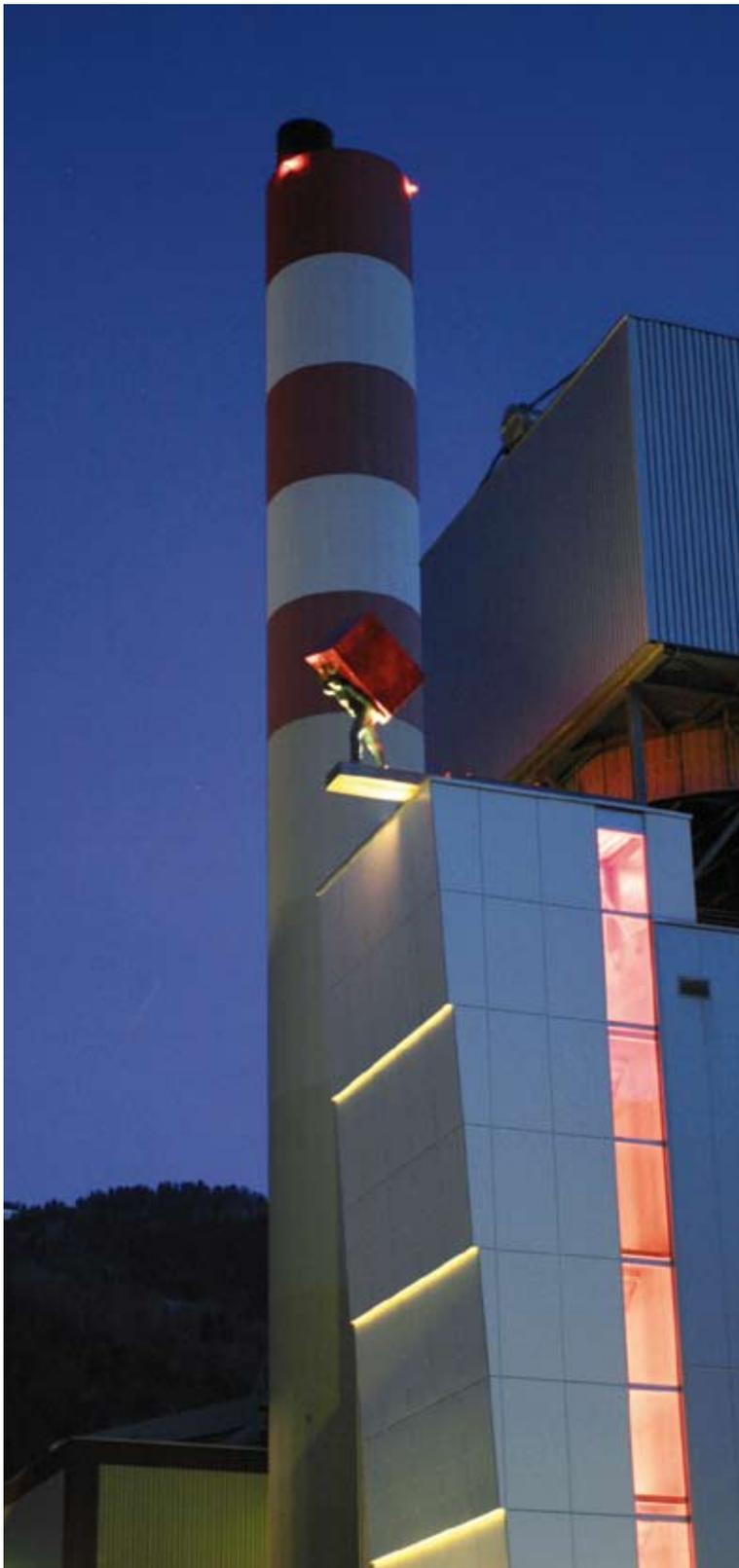
Im Gebiet Chur Nord, im Bereich der Cadonastrasse/Loestrasse befinden sich drei Altersheime, eine Fachhochschule, die Psychiatrische Klinik und das ehemalige Kreuzspital als potenzielle Energiegrossverbraucher. Diese Ausgangslage führte zu einem Fernwärmeprojekt GEVAG – Chur Nord – Heime – Spitäler. In einer ersten Phase (2010/2011) kann von einem Energieverbrauch von knapp 12 Mio. kWh jährlich ausgegangen werden. In einer zweiten Phase (ca. 2011 – 2013) wird ein Bedarf von rund 16 Mio. kWh pro Jahr angenommen.

Eine Anbindung des Areals Kantonsschule, inkl. der Sportanlagen Sand und weiterer kantonaler Verwaltungsgebäude wird momentan geprüft. Sollte diese Erweiterung betriebswirtschaftlich machbar sein, so dürfte sich der Energiebezug aus der KVA Trimmis sehr stark steigern.

Das Baubewilligungsverfahren für die Verbindungsleitung zwischen der KVA Trimmis und dem Kantonsspital Chur wird im Frühjahr 2009 abgeschlossen.

Trägerschaft

Trägerschaft des Projektes Fernwärmeverbund Chur ist das „Konsortium Fernwärme Chur“ im Sinne einer einfachen Gesellschaft, bestehend aus dem Gemeindeverband für Abfallentsorgung in Graubünden (GEVAG), Trimmis, als Energieproduzent, der IBC Energie Wasser Chur als führenden Energieanbieter in der Region und dem Kantonsspital Graubünden (KSGR) als Grossendverbraucher.



In der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) in Trimmis wird thermische und elektrische Energie produziert. Ein Teil davon wird an die Papierfabrik LandQart und an öffentliche Bauten in der Gemeinde Igis geliefert, Foto Indermaur-Kunst bei der KVA.

Sobald die Baubewilligung für die Transportleitung vorliegt und die Finanzierung dafür gesichert ist, wird die einfache Gesellschaft in eine Aktiengesellschaft umgewandelt. Diese wird sodann den Bau realisieren, wobei vorgesehen ist, dass die IBC Energie Wasser Chur den nachfolgenden Betrieb übernimmt.

Investitionskosten

Das Projekt kann in vier Bereiche aufgeteilt werden: die Energieumformstation in der KVA Trimmis, die entsprechenden Pumpen für den Heisswassertransport nach Chur, die Fernwärmeleitung für den Transport der Energie und die Energieumformerstationen beim Endverbraucher.

Mit folgenden Kosten für die einzelnen, technischen Bereiche ist zu rechnen:

Wärmezentrale GEVAG	2'580'000 CHF
Installationen GEVAG Anschluss	1'450'000 CHF
Fernleitung GEVAG - Kantonsspital	8'500'000 CHF
Anschluss Kantonsspital inkl. Notkessel	1'050'000 CHF
Total Investitionskosten	13'580'000 CHF

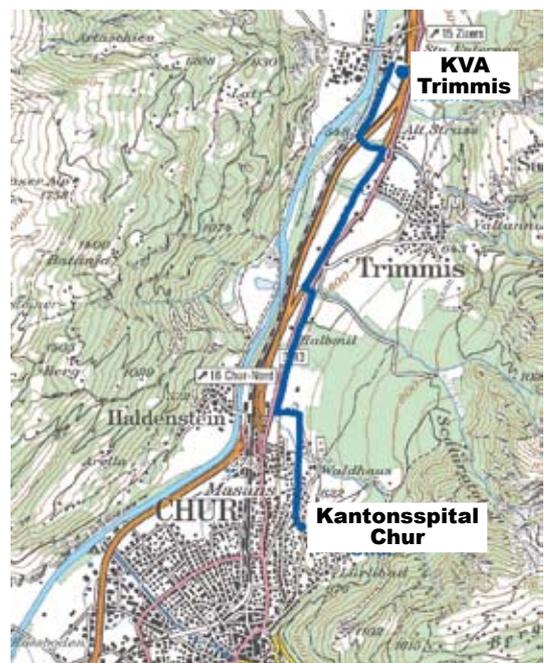


Abb. 6.2 Linienführung der geplanten Fernwärmeleitung von Trimmis (KVA) nach Chur (Kantonsspital).



6.3 St.Moritz - Clean Energy

Hanspeter Danuser, Gallus Cadonau, Solar Agentur Schweiz, Zürich

Clean Energy St.Moritz – Engadin – eine Bilanz nach 10 Jahren

Als Gallus Cadonau vor knapp 10 Jahren das Energie Projekt „Clean Energy St.Moritz Engadin“ anregte und dann in enger Zusammenarbeit mit dem Kurverein den gleichnamigen Verein gründete, war der Ölpreis-Schock von 2008 in weiter Ferne. Auch von Klimawandel und Energieeffizienz war kaum die Rede. Damals war es schon unser Ziel, erneuerbare Energien aus Wasser, Sonne, Wind und Biogas zu fördern sowie die Energieeffizienz der Ferienregion St.Moritz zu steigern.

Bereits verkaufte der Bündner Energiekonzern Rätia Energie seinen Ökostrom im Ausland mit Erfolg unter der Lizenzmarke „Pure Power St.Moritz“, versorgte die Alpine Ski WM 2003 komplett mit zertifiziertem Ökostrom und war von Anfang an ein aktiver Partner von Clean Energy.

St.Moritz wurde die höchstgelegene „Energistadt“ und der Verein injizierte die „Alpen Akademie Engadin St. Moritz“. Mit dem Slogan „Staunen und Lernen in den Ferien,“ soll vor allem ein weiteres Angebot für den Sommertourismus geschaffen, resp. die Vielfalt der Angebote gebündelt werden. Diese umfassen heute etwa 20 Energie-Attraktionen, daneben aber auch etwa 40 im Geo- und Naturbereich (als Geopark) sowie weitere zahlreiche im Kulturbereich. Beispiele sind die 2002 erstellten Photovoltaik (PV)-Anlagen Piz Nair (3150 m ü.M.), die PV-Anlagen an der Corviglia Bergbahn, die PV-Anlage an der Talstation der Piz Nair-Bahn sowie die Leichtwindanlage AV-7 im Skigebiet südlich des Munt San Murezzan. Dank den Solaranlagen fährt jeder dritte Corvigliabahn-Fahrgast mit Sonnenenergie. Die Energieanlagen wurden durch die Projektpaten, die öffentliche Hand, Vertreter der Privatwirtschaft und Energielieferanten finanziert.





Ergänzt wurde das Programm 2005 mit Clean Mobility, dem Angebot von mietbaren Hybridfahrzeugen im Mobility-Programm.

Dem Verein sind keineswegs die Ideen ausgegangen. Mit dem Angebot Wärmebildaktion sollen Eigentümer von Liegenschaften unterstützt werden. Sie können das Potenzial zur Gebäudesanierung bezüglich Wärmeverlusten erfahren und erhalten Informationen über finanzielle Anreize bei der Gebäudesanierung. Die Zielsetzung ist den Energieverbrauch massgeblich zu reduzieren.

St. Moritz will damit ein Zeichen setzen für eine saubere Umwelt. Hanspeter Danuser, damals noch im Amt als Kurdirektor von St.Moritz bemerkt zum Erfolg: „Dank Clean Energy ist St.Moritz im Destinationstourismus heute beim aktuellen Thema „umweltfreundliches Reisen“ ein Meinungsführer, dessen Erfahrung und Pionierrolle auf diesem Gebiet rund um die Welt bekannt und gefragt sind“.



Solare Photovoltaik-Anlage Corvigliabahn (18 kWp). Weitere Photovoltaik-Anlagen befinden sich bei den Berg- und Talstationen der Piz Nair Bahn, Foto: Clean Energy St.Moritz.



6.4 Energiestadt

Kurt Egger, EnergieSchweiz für Gemeinden, Ettenhausen

So schützen die Gemeinden das Klima

Was tun die Schweizer Gemeinden für ein gesundes Klima? Viel, sofern sie das Label „Energiestadt“ tragen. Denn von den „Energiestädten“ profitiert die Umwelt in vielerlei Hinsicht: Alleine im vergangenen Jahr wurden 335 Millionen Kilowattstunden (kWh) Brenn- und Treibstoffe und 79 Millionen kWh Elektrizität gespart sowie 86'000 Tonnen weniger CO₂ ausgestossen.

„Energiestadt“ ist eine wirksame Energiepolitik von unten. Der Schutz des Klimas gehört heute zu den dringendsten Aufgaben. Politik, Medien und Öffentlichkeit haben das Problem erkannt und sind immer mehr bereit zu handeln. Die mehr als 170 zertifizierten „Energiestädte“ in der Schweiz zeigen, was die Gemeinden für ein gesundes Klima tun können. Sie sind Vorreiter und setzen zahlreiche konkrete und zukunftsweisende Projekte um. „Energiestädte“ fördern erneuerbare Energien, bauen Gebäude nach den höchsten energetischen Standards und lancieren innovative Energieprojekte.

Das Programm wirkt. Das Label „Energiestadt“ ist ein Leistungsausweis und bringt den Gemeinden reellen Nutzen: Gemeinsam sparen Energiestädte jährlich rund 86'000 Tonnen CO₂, 79 Millionen kWh Strom (dies entspricht in etwa dem Verbrauch einer mittelgrossen Stadt) und 335 Millionen kWh Brenn- und Treibstoff. Hinzu kommt, dass mit der konsequenten Förderung eines nachhaltigen Lebensstils jährlich über 200 Arbeitsplätze geschaffen werden.

Ein Label als Qualitätsmerkmal: Das Label „Energiestadt“ ist eine Auszeichnung des Bundesamtes für Energie und des Trägervereins Label „Energiestadt“ und wird jenen Gemeinden verliehen, die ausgesuchte energiepolitische Massnahmen realisiert oder

beschlossen haben. Das Label ist Leistungsausweis für eine konsequente und ergebnisorientierte Energiepolitik. 2008 durfte das Programm „Energiestadt“ das 20-Jahr-Jubiläum feiern. Dass das Klimaschutz-Programm wirkt, zeigt vor allem eines: Immer mehr Gemeinden streben das Label „Energiestadt“ an.

Ein Drittel der Schweizer lebt in einer „Energiestadt“. Seit das Label „Energiestadt“ besteht, hat sich die Idee immer weiter verbreitet. Inzwischen wohnen über 2,8 Millionen Schweizerinnen und Schweizer in einer Energiestadt. Zudem hat das Gütesiegel „Energiestadt“ als «*european energy award*» europäische Dimensionen erreicht. In Österreich, Litauen und Frankreich machen sich Gemeinden auf, gemeinsam Energie zu sparen. Das Modell „Energiestadt“ dient dabei als Vorbild.

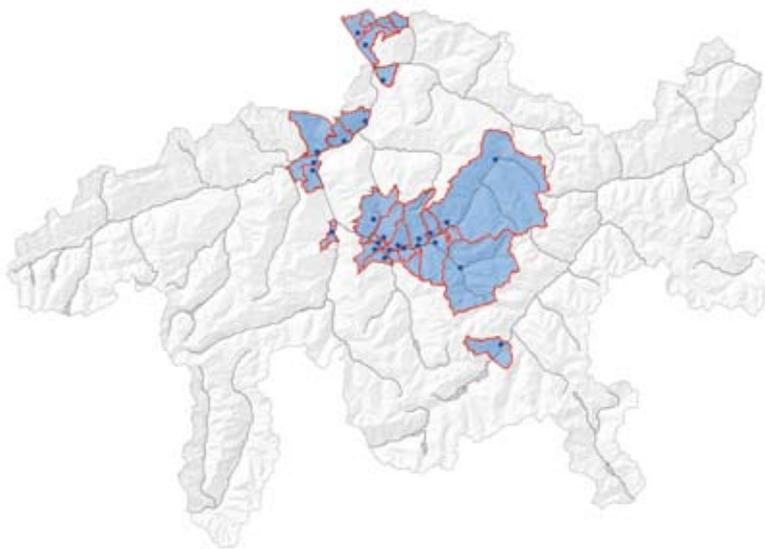
Von Aadorf bis Zürich, von der Romandie über die Deutschschweiz bis ins Tessin werden die Massnahmen und Ideen von „Energiestadt“ täglich mit Gewinn umgesetzt. Vom Netzwerk profitiert jede Gemeinde ganz direkt: „Energiestadt“ ermöglicht den Austausch von Ideen, vermittelt Tipps und fördert die Kontakte unter den energiepolitisch engagierten Gemeinden.

Nach der Vergabe des Labels „Energiestadt“ prüft die Label-Kommission die Umsetzung der beschlossenen Massnahmen anhand von Audits und Erfolgskontrollen. Die Standards für die Vergabe des Labels „Energiestadt“ werden laufend den neusten technischen und energiepolitischen Erkenntnissen angepasst.

Die energiepolitischen Resultate einer „Energiestadt“ werden an der Umsetzung gemessen; sie erfüllt dabei Kriterien eines standardisierten Massnahmenkatalogs und vergleicht ihre Ergebnisse mit anderen „Energiestädte“.



Gemeinden Graubündens mit dem Label „Energistadt“



Im Kanton Graubünden wurden bis Ende 2008 mehrere Gemeinden mit dem Label „Energistadt“ ausgezeichnet: Region Albulatal, Davos, Igis, St.Moritz, Thusis und Vaz/Obervaz. Alle „Energistädte“ weisen gegenüber anderen Gemeinden überdurchschnittliche Leistungen im Klimaschutz auf. In einzelnen Bereichen sind „Energistädte“ besonders vorbildlich (in untenstehender Tabelle mit X bezeichnet).

Abb. 6.3: Übersicht über die Gemeinden in Graubünden die das Label „Energistadt“ bereits erarbeitet haben oder im Erarbeitungsprozess sind.

	„Energistadt“ seit	Entwicklungs- und Raumplanung	Kommunale Bauten und Anlagen	Versorgung und Entsorgung	Mobilität
Albulatal (12 Gemeinden)	2002			X	
Davos	2001	X		X	X
Igis*	2008	X			
St.Moritz	2004	X		X	X
Thusis	2004	X	X	X	X
Vaz/Obervaz	2003	X	X	X	X

*Igis ist seit 2008 „Energistadt“ und die Aktivitäten sind z.T. erst in Entwicklung.

X: besonders vorbildlich

Diverse weitere Gemeinden sind im Prozess zum Label „Energistadt“: Bonaduz, Felsberg, Fläsch, Haldenstein, Maienfeld und Rhäzüns.



Das Label „Energistadt“

„Energistadt“ ist nicht nur ein Markenzeichen, sondern auch ein umfassender Prozess, der die Gemeinde über verschiedene Stufen langfristig zu einer nachhaltigen kommunalen Energiepolitik führt. Das Programm „EnergieSchweiz“ für Gemeinden stellt dabei verschiedene Dienstleistungen zur Verfügung, die der Mitgliedgemeinde im Trägerverein „Energistadt“ schon ab dem ersten Kontakt konkrete Vorteile verschaffen.

Zusammen mit externen, von EnergieSchweiz für Gemeinden akkreditierten Beraterinnen und Beratern, wird die Gemeinde anhand des standardisierten Massnahmenkatalogs in sechs energiepolitisch wichtigen Gebieten untersucht:

- Entwicklungsplanung
- Raumordnung, kommunale Gebäude und Anlagen
- Versorgung, Entsorgung
- Mobilität
- Interne Organisation
- Kommunikation, Kooperation

Um das Label „Energistadt“ zu erreichen, muss die Gemeinde mindestens 50% der möglichen Massnahmen realisiert oder beschlossen haben.



Energistadt ist nicht nur ein Markenzeichen, sondern auch ein umfassender Prozess, der die Gemeinde zu einer nachhaltigen kommunalen Energiepolitik führt. Ein besonderes Energiesparpotential in Gemeinden sind die Strassenbeleuchtungen.



Informationen unter: www.energiestadt.ch



Glossar der wichtigsten Begriffe und Abkürzungen

Begriffe

Emission	(lat. <i>emittere</i> : ausschicken, -senden), deutsch Austrag; bedeutet allgemein die Aussendung von Störfaktoren in die Umwelt. Die Quelle wird <i>Emitent</i> genannt. Jede Emission hat eine → <i>Immission</i> .
Endemit	In der Biologie verwendet man die Bezeichnung <i>Endemiten</i> für Pflanzen und Tiere, die nur in einer bestimmten, klar räumlich abgegrenzten Umgebung vorkommen. Diese sind in diesem Gebiet <i>endemisch</i> .
Halogen	Als <i>Halogene</i> werden die Elemente der 7. Hauptgruppe (17. Gruppe) des Periodensystems der chemischen Elemente bezeichnet. Diese Nichtmetalle sind im elementaren Zustand sehr reaktionsfreudig, farbig und reagieren mit Metallen zu Salzen und mit Wasserstoff unter Normalbedingung zu Halogenwasserstoffen.
Halogenierung	Als <i>Halogenierung</i> wird der Austausch (<i>Substitution</i>) eines Wasserstoffatoms in einem Molekül durch ein Atom der 7. Hauptgruppe (→ <i>Halogene</i>) bezeichnet. Die Endprodukte werden auch <i>organische Halogene</i> genannt.
Immission	(lat. <i>immittere</i> : hineinschicken, -senden), dt. Eintrag, in ein Umweltmedium.
Minergie, Minergie-P	<i>Minergie</i> ist eine weltweit geschützte Marke für nachhaltiges Bauen. Sie gehört den Kantonen Bern und Zürich. <i>Minergie</i> ist der wichtigste Energiestandard in der Schweiz für Niedrigenergiehäuser. Der Nachfolger <i>Minergie P</i> ist ähnlich dem <i>Passivhaus Standard</i> in Deutschland. Die Anforderungen sind für zwölf Gebäudekategorien verschieden definiert. Ebenso verschieden sind die Anforderungen bei der Sanierung von Altbauten und für Neubauten.
NAO	Unter der <i>Nordatlantischen Oszillation (NAO)</i> versteht man die Schwankung des Druckverhältnisses zwischen dem <i>Islandtief</i> im Norden und dem <i>Azorenhoch</i> im Süden des Nordatlantiks. Diese Druckverhältnisse sind ein Maß für die Stärke der <i>Westwinddrift</i> auf dem Nordatlantik, die für das Klima in Europa, besonders im Winter, entscheidend ist. Die Druckverhältnisse werden mit dem <i>NAO-Index</i> beschrieben: Bei einem positiven <i>NAO-Index</i> sind sowohl das <i>Azorenhoch</i> als auch das <i>Islandtief</i> gut ausgebildet. Dies führt in den meisten Fällen zu einer starken <i>Westdrift</i> , die milde und feuchte Luft nach Europa führt. Bei einem negativen <i>NAO-Index</i> sind die Aktionszentren nur schwach ausgeprägt, womit die <i>Westdrift</i> „einschläft“. So führen häufige <i>Kaltlufteinbrüche</i> aus Nordosten in Mitteleuropa immer wieder zu sehr kalten und trockenen Wintern.

Ozon, Ozonschicht	Ozon (O ₃) (von griechisch ozein „riechen“) ist ein aus drei Sauerstoffatomen bestehendes Molekül. Spuren von Ozon-Gas in der Luft zerfallen unter Normalbedingungen innerhalb einiger Tage zu Sauerstoff. Einerseits ist es ein starkes Oxidationsmittel, wodurch es bei Menschen und Tieren zu Reizungen der Atemwege führen kann (→Sommersmog). Andererseits schützt das Gas in der Ozonschicht die Lebewesen vor der Schädigung durch energiereiche ultraviolette Strahlung der Sonne.
Phänologie	Die Phänologie befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungserscheinungen in der Natur, beispielsweise dem Zeitpunkt der Blüte der Hasel. Lange Datenreihen zur Phänologie sind geeignet zur Dokumentation klimatischer Veränderungen.
Smog (Wintersmog)	Als Smog (eine Wortkreuzung aus dem engl.: smoke + fog) wird eine durch →Emissionen verursachte Luftverschmutzung bezeichnet. Im allgemeinen Sprachgebrauch beschreibt er die Anwesenheit von Luftschadstoffen in gesundheitsschädlichen und die Sicht beeinträchtigenden Konzentrationen. Wissenschaftlich gesehen bezeichnet Smog stark erhöhte Luftschadstoffkonzentrationen über dicht besiedeltem Gebiet infolge besonderer meteorologischer Bedingungen (z. B. Inversionswetterlage). Generell tritt Smog nur während windschwacher Lagen auf. Auch eine durch Tal- oder Kessellagen ungünstige Topographie fördert die Entstehung von Smog. So kann auch in ländlichen Regionen, in denen intensiv Holz verfeuert wird, bei ungünstiger Topographie Smog auftreten (so genannter Wintersmog).
Sommersmog	Sommersmog ist charakterisiert durch die Belastung der bodennahen Luft mit einer hohen →Ozonkonzentration. Ozon wird bei wärmerem Wetter gebildet und entsteht aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen in Verbindung mit UV-Strahlung in der Luft. Bodennahes Ozon greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Die Ozonbelastung in Graubünden wird durch Luft-Messstationen ermittelt und regelmäßig veröffentlicht (www.umwelt-gr.ch).
Stratosphäre	Die Stratosphäre ist die zweite Schicht der Erdatmosphäre, sie liegt über der →Troposphäre; der Grenzbereich zwischen Stratosphäre und Troposphäre wird als Tropopause bezeichnet, diese liegt in einer Höhe zwischen ungefähr 8 Kilometern an den geographischen Polen und circa 18 km am Äquator.
Transmission	lat. <i>trans</i> „hinüber“ und <i>mittere</i> „schicken“, bedeutet allgemein die Ausbreitung von Störfaktoren in der Umwelt.
Troposphäre	Die Troposphäre ist die unterste Schicht der Atmosphäre bis circa 8 km Höhe über Boden.

Abkürzungen

AEV	Amt für Energie und Verkehr
AfW	Amt für Wald
AJF	Amt für Jagd und Fischerei
ALG	Amt für Landwirtschaft und Geoinformation
ANU	Amt für Natur und Umwelt
BBV	Bündner Bauernverband
BAFU	Bundesamt für Umwelt (ehemals: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft)
C	Chemisches Symbol oder Zeichen für Kohlenstoff
CCS	<i>Carbon capture and storage</i> ; steht im internationalen Sprachgebrauch für die Technologie der CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung.
CH ₄	Chemische Summenformel für Methan
CO ₂	Chemische Summenformel für Kohlendioxid
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FKW	Fluorkohlenwasserstoffe
GEVAG	Gemeindeverband für Abfallentsorgung in Graubünden
Gt	Gigatonne (1 Giga = 10 ⁹)
HFCKW	Teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe werden als Kälte-, Treib- oder Lösungsmittel eingesetzt; es sind synthetisch hergestellte Substanzen, die chemisch stabil, unbrennbar sowie geruchs- und geschmacksneutral sind. Bei ihnen handelt es sich um Kohlenwasserstoffe, deren Wasserstoffatome teilweise durch die Halogene Fluor und Chlor ersetzt wurden.
HFKW	Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe haben kein Ozonabbaupotenzial (ODP = 0) und einen geringeren direkten Treibhauseffekt.
IBC	Industrielle Betriebe Chur
KOHS	Kommission Hochwasserschutz im Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband
KSGR	Kantonsspital Graubünden
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kW	Kilowatt; Masseinheit für Leistung
kWh	Kilowatt-Stunden; Masseinheit für Energie
kWp	Kilowatt peak; Masseinheit für maximale Leistung
LBBZ	Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum Plantahof in Landquart
LKO	Lichtklimatisches Observatorium der MeteoSchweiz in Arosa. Dort wird seit 1926 täglich das Totalozon in der Atmosphäre gemessen.
LRV	Luftreinhalteverordnung
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
Mt	Megatonne (1 Mega = 10 ⁶)
N ₂ O	Lachgas
NH ₃	Ammoniak
OcCC	<i>Organe consultatif sur les changements climatiques</i> (beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung)
ODP	<i>Ozone Depletion Potential</i> (Ozonzerstörungspotential)
PKD	Die proliferative Nierenkrankheit (PKD) ist eine Infektionskrankheit bei Fischen und wird durch Parasiten des Stammes Myxozoa, verursacht.

ppm	parts per million; Teile von einer Million; steht für die Zahl 10^{-6}
PV	Photovoltaik
SLF	Das Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos ist ein Forschungsinstitut des WSL
TBA	Tiefbauamt
UV	Ultraviolett
UV-B	Mittleres Ultraviolett; Wellenlängenbereich von 280 bis 315 Nanometer
VAW	Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich
VOC	<i>volatile organic compound</i> (flüchtige organische Verbindungen)
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf

ISBN 978-3-033-02001-6

Die heute getroffenen Massnahmen zur Reduktion des Ausstosses von Treibhausgasen bestimmen das Klima von morgen und damit die künftigen Lebensbedingungen unserer Kinder.





Amt für Natur und Umwelt
Uffizi per la natira e l'ambient
Ufficio per la natura e l'ambiente