

klima *report*

Südtirol



klima *report*



Autoren

Marc Zebisch

Ulrike Tappeiner

Marianna Elmi

Christian Hoffmann

Georg Niedrist

Lydia Pedoth

Sylvia Pinzger

Alberto Pistocchi

Erich Tasser

index

06 *einleitung*

08 — Zusammenfassung

10 *klimawandel*

13 — Der globale Klimawandel und seine Ursachen

15 — Zukünftige Entwicklung

15 — Die Alpen und Südtirol

19 — Infobox: Klima in Südtirol

20 — Infobox: Fernerkundung

22 *auswirkungen*

25 — Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt und Gesellschaft

28 — Direkte Auswirkungen

32 — Naturgefahren

32 — Biodiversität

35 — Klimawandel und die Gesellschaft – Anfälligkeit, Anpassung, Klimaschutz

37 — Infobox: CO₂-neutrales Bozen

38 *wasserwirtschaft*

41 — Wasser in Südtirol – Allgemeiner Zustand

42 — Sensitivität gegenüber Wetter und Klima

42 — Zukünftige Entwicklung und Auswirkungen des Klimawandels

44 — Anpassung

45 — Infobox: Etsch-Dialog

46 *landwirtschaft*

49 — Allgemeiner Zustand

49 — Mögliche Auswirkungen

52 — Anpassung

53 — Infobox: Klimawandel im Matschertal

54 *forstwirtschaft*

57 — Allgemeiner Zustand

57 — Mögliche Auswirkungen

59 — Anpassung

60 *naturgefahren*

63 — Allgemeiner Zustand

65 — Auswirkungen des Klimawandels

66 — Anpassung

68 *tourismus*

71 — Allgemeiner Zustand

72 — Mögliche Auswirkungen

73 — Anpassung für den Wintertourismus

73 — Anpassung für den Sommertourismus und die Nebensaison

74 — Die Vorlieben der Touristen

76 — Zusammenfassung und abschließende Überlegungen

79 — Infobox: Forschung an der Schnittstelle Tourismus und Klimawandel

80 *gesundheit*

83 — Hitzestress

84 — Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen

85 — Anpassung

86 — Vektorübertragende Krankheiten

86 — Veränderte Umweltbedingungen

86 — Abschließend

88 *anpassung*

91 — Was ist Anpassung?

91 — Prinzipien von Anpassung

91 — Arten von Maßnahmen zur Anpassung

92 — Hindernisse

92 — Anpassung in Südtirol

96 — Der Weg zur Anpassungsstrategie

96 — Abschließend

97 — Infobox: Nationale und internationale Anpassungsstrategien

98 *fazit*

100 — Sensitivität

100 — Mögliche Auswirkungen

101 — Anpassung

101 — Anfälligkeit

102 *literatur*

ein Leitung

Auch in Südtirol sind die Folgen des Klimawandels bereits spürbar. In Bozen hat sich allein in den letzten 30 Jahren die Durchschnittstemperatur um rund 1,5°C erhöht. Hitzewellen und Trockenperioden wie im Sommer 2003 werden häufiger. Die Ernte von Wein und Äpfeln hat sich zeitlich nach vorne verlagert, und ihr Anbau ist in immer größeren Höhen möglich. Auf der anderen Seite müssen wir uns zunehmend gegen Extremereignisse wie etwa Hochwasser und Muren nach einem Starkregen, wie wir ihn am 4. September 2009 hatten, wappnen.

Wie sehr wird der Klimawandel Südtirol beeinflussen? Können Wissenschaftler wirklich in die Zukunft schauen? Ist es möglich, sich heute schon an die Folgen des Klimawandels anzupassen? Wird Südtirol am Ende vielleicht sogar vom Klimawandel profitieren? Auf diese und weitere Fragen versucht der vorliegende Klimareport Antworten zu geben. Er ist ein Ergebnis des Projekts „Klimawandel in Südtirol – wie empfindlich sind wir?“, das von 2009 bis 2011 im Rahmen des Forschungsgesetzes 2006 der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol gefördert wurde.

Neben Forschung und Recherche von Seiten der EURAC-Institute „Angewandte Fernerkundung“, „Alpine Umwelt“, „Regionalentwicklung und Standortmanagement“ und „Public Management“ wurden für das Projekt zahlreiche Experteninterviews sowie zwei Workshops mit Vertretern verschiedener Provinz-Ämter, Verbände und Unternehmen durchgeführt. Der Klimareport fasst den regen Austausch zwischen Südtiroler Forschung und Praxis zusammen und könnte der Auftakt für die gemeinsame Entwicklung einer

übergreifenden Anpassungsstrategie an den Klimawandel sein. Der vorliegende Bericht beschäftigt sich ausschließlich mit den Folgen des Klimawandels. Daneben bleibt jedoch die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen das wirksamste Mittel für einen nachhaltigen Klimaschutz.

Neben dem Klimareport wurde im Projekt „Klimawandel Südtirol“ die interdisziplinäre Forschung in den Bereichen Fernerkundung, Ökohydrologie und Tourismus vorangetrieben. Im Rahmen des Projekts wurden u.a.:

- Klimastationen in verschiedenen Höhenlagen des Vinschgaus aufgestellt und Grasziegel von höheren Lagen in niedrigere Lagen verpflanzt, um zu verstehen wie Ökosysteme auf höhere Temperaturen reagieren;
- aus Satellitenbildern die Entwicklung der Schneebedeckung der letzten 10 Jahre in Südtirol und den ganzen Alpen rekonstruiert und die Abhängigkeit von Klima- und Wetterbedingungen getestet;
- Befragungen von über 500 Touristen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Forschung werden im Detail in den jeweiligen Kapiteln vorgestellt. Die vollständigen Forschungsergebnisse liegen auch als wissenschaftlicher Bericht vor.

Für weitere Informationen: <http://www.eurac.edu/de/research/transversaltopics/klimawandel/default.html>

Wir danken der Autonomen Provinz Bozen für die finanzielle Förderung des Projekts und die wertvolle Unterstützung mit Datenmaterialien und Informationen. Ganz besonders möchten wir uns bei allen Vertretern der zuständigen Ämter und Interessensverbände sowie bei den Experten bedanken, die an diesem Bericht aktiv in Form von Interviews, Workshops und Kommentaren beigetragen haben. Ihr Beitrag hat den Bericht in dieser Form erst möglich gemacht.

Das Team des Projekts „Klimawandel“

Das Projekt „Klimawandel in Südtirol – wie empfindlich sind wir?“ wurde gefördert von:

Zusammenfassung

klimawandel **und auswirkungen**

Der Klimawandel findet statt, auch in Südtirol, und wird in Zukunft zu Auswirkungen führen, auf die es sich rechtzeitig vorzubereiten und anzupassen gilt. EURAC-Wissenschaftler haben anhand von unterschiedlichen Klimaszenarien berechnet, dass die Jahresdurchschnittstemperatur in Südtirol bis zum Jahr 2050 um +1,2°C bis +2,7°C ansteigen wird.

Für das Klima bedeutet dies, dass es generell trockener wird und Niederschläge im Winter häufiger in Form von Regen als Schnee fallen. Der Schnee, ein wichtiger Wasserspeicher, wird also immer weniger, dasselbe gilt für die Gletscher.

Für die Umwelt und den Menschen bedeutet dies in erster Linie, dass sie mit weniger Wasser und mehr Hitze rechnen müssen. Außerdem werden vermehrt Extremereignisse (z.B. Starkregen, Stürme, Hitzewellen) auftreten. All dies wirkt sich direkt und indirekt auf Sektoren wie die Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Raumplanung (Naturgefahren), Gesundheit und Tourismus aus. Im nachfolgenden Report werden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die genannten Sektoren behandelt und mögliche Anpassungsstrategien vorgeschlagen.

wasserwirtschaft

Südtirol verfügt im Allgemeinen über ausreichend Wasser. Lokal und zeitlich begrenzt kann es in Zukunft dennoch zu Wassermangel kommen, wenn sich etwa die Bedürfnisse in den unterschiedlichen Sektoren überschneiden, also beispielsweise Wasser gleichzeitig für die Stromproduktion und die Landwirtschaft benötigt wird, wenn ein Sommer besonders trocken ausfällt oder eine Region – vorwiegend der Westen Südtirols – unter Trockenheit leidet.

Handlungsbedarf wird also in jedem Fall bestehen, zumal die Wasserverfügbarkeit künftig ab- und der Wasserbedarf zunehmen werden.

Der sektorenübergreifenden Wasserverfügbarkeit wird in Zukunft eine wichtige Rolle zukommen, ebenso den Wassersparmaßnahmen. So kann etwa der Wasserverbrauch durch technische Maßnahmen wie die Tröpfchenberegnung im Obstbau deutlich gesenkt werden. Aufklärungskampagnen im Umgang mit dem Wasser können auch einen wichtigen Beitrag leisten.

landwirtschaft

Die Südtiroler Landwirtschaft kann sich in der Regel gut an neue klimatische Verhältnisse anpassen, indem sie z.B. neue Anbauformen und Sorten wählt. Probleme könnten künftig in der Intensivlandwirtschaft auftreten, die heute schon auf künstliche Bewässerung angewiesen ist. Höhere Temperaturen führen im Obst- und Weinbau zu verfrühter Blüte und Reife und können die Qualität der Ernte beeinträchtigen. Außerdem rechnen Experten mit einer höheren Belastung durch Schadinsekten.

Anpassungsstrategien bauen auf effiziente Bewässerungssysteme, die richtige Sortenwahl und vermehrte Forschung im Bereich des Pflanzenschutzes. Eine zentrale Datenbank über klimabedingte Schäden in der Landwirtschaft sollte angelegt werden.

forstwirtschaft

Der Südtiroler Wald kann sich an veränderte klimatische Verhältnisse anpassen, reagiert allerdings relativ träge. Trockeneres Klima wird den Wald anfälliger gegenüber Schädlingen machen und die Gefahr von Waldbränden erhöhen. Andererseits rechnet man aufgrund der Temperaturzunahme und dem höheren CO₂-Angebot mit einem verstärkten Waldwachstum. Langfristig werden Extremereignisse wie Stürme dem Wald mehr zusetzen als der kontinuierliche Klimawandel.

Anpassen kann sich die Forstwirtschaft mit einer Fortsetzung des Trends zur standortgerechten Bewirtschaftung, beispielsweise durch Ersatz von Fichten in tiefen Lagen durch trockenresistente Laubbäume. Vor allem aufgrund der höheren Temperaturen wird der Wald schneller wachsen, sodass eine kontinuierliche Verjüngung notwendig ist. Gute Infrastrukturen ermöglichen ein rasches Eingreifen bei Bränden oder Extremereignissen.

naturgefahren

Südtirol hat schon in der Vergangenheit gelernt mit Naturgefahren umzugehen und ist technisch gewappnet. Allerdings ist in Südtirol sicherer Dauersiedlungsraum knapp und der besiedelte Bereich wächst ständig. Vor allem Gewerbe und Infrastruktur werden zunehmend auch in potenziell gefährdeten Zonen gebaut, die nur durch aufwändige Maßnahmen gesichert werden können. Meist sind Naturgefahren Folgen von extremen Wetter- und Klimabedingungen.

So haben etwa Starkregenereignisse Überschwemmungen oder Murenabgänge zur Folge. Da sich Extremereignisse im Unterschied zum Klimawandel (Temperaturanstieg, Rückgang des Niederschlags) nicht anhand von Klimamodellen darstellen lassen, ist es schwierig exakte Vorhersagen zu treffen. Fest steht, dass sie mit dem Klimawandel einhergehen werden. Durch das Auftauen von Permafrostböden wird es beispielsweise mehr Sturzprozesse im Hochgebirge geben. Straßen, touristische Infrastrukturen wie Aufstiegsanlagen, aber auch Siedlungen werden vermehrt gefährdet sein.

Der Anpassungsgrad an Naturgefahren ist in Südtirol dank ausgefeilter Maßnahmen wie Verbauungen bereits sehr hoch. In Zukunft wird man mehr auf das Risikomanagement, die Risikokommunikation, das Monitoring und die Frühwarnung setzen müssen. Vor allem in der Raumplanung sollte der Klimawandel expliziter berücksichtigt werden.

tourismus

Der Tourismus stellt für Südtirol einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar, der in Zukunft vom Klimawandel beeinträchtigt werden kann. So wird im Winter beispielsweise mehr Regen als Schnee fallen, was vor allem Skigebiete zu spüren bekommen werden. Im Sommer werden die städtischen Ballungszentren – vor allem die Quellmärkte, aus denen Touristen kommen – unter vermehrter Hitze leiden, was wiederum den höher gelegenen touristischen Destinationen zugute kommt. Als Folge wird die Sommerfrische einen Aufschwung erleben.

Um die Wintersportarten aufrechterhalten zu können, muss vermehrt in Beschneiungsanlagen investiert werden, was langfristig kostspielig ist und der Umwelt schadet. Bessere Chancen haben hier Skigebiete, die sich zu Konsortien zusammenschließen, um die Kosten zu amortisieren. Eine andere Möglichkeit bieten Alternativangebote zum Skitourismus. Vor allem nieder gelegene Skigebiete werden darauf setzen müssen.

Der Sommertourismus ist wie bereits erwähnt weniger gefährdet. Hier überschneiden sich die Anpassungsstrategien mit jenen aus dem Zivilschutz (z.B. Vermeidung von Sturzprozessen) und der Wasserbranche (Aktionen zur Vermeidung von Trinkwassermangel). Um eventuelle Verluste in der Hauptsaison wettzumachen, sollte künftig der Nebensaison-Tourismus gefördert werden. Vorstellbar wären neue, sanfte touristische Produkte, die gleichzeitig auch dem Klimaschutz dienen.

gesundheit

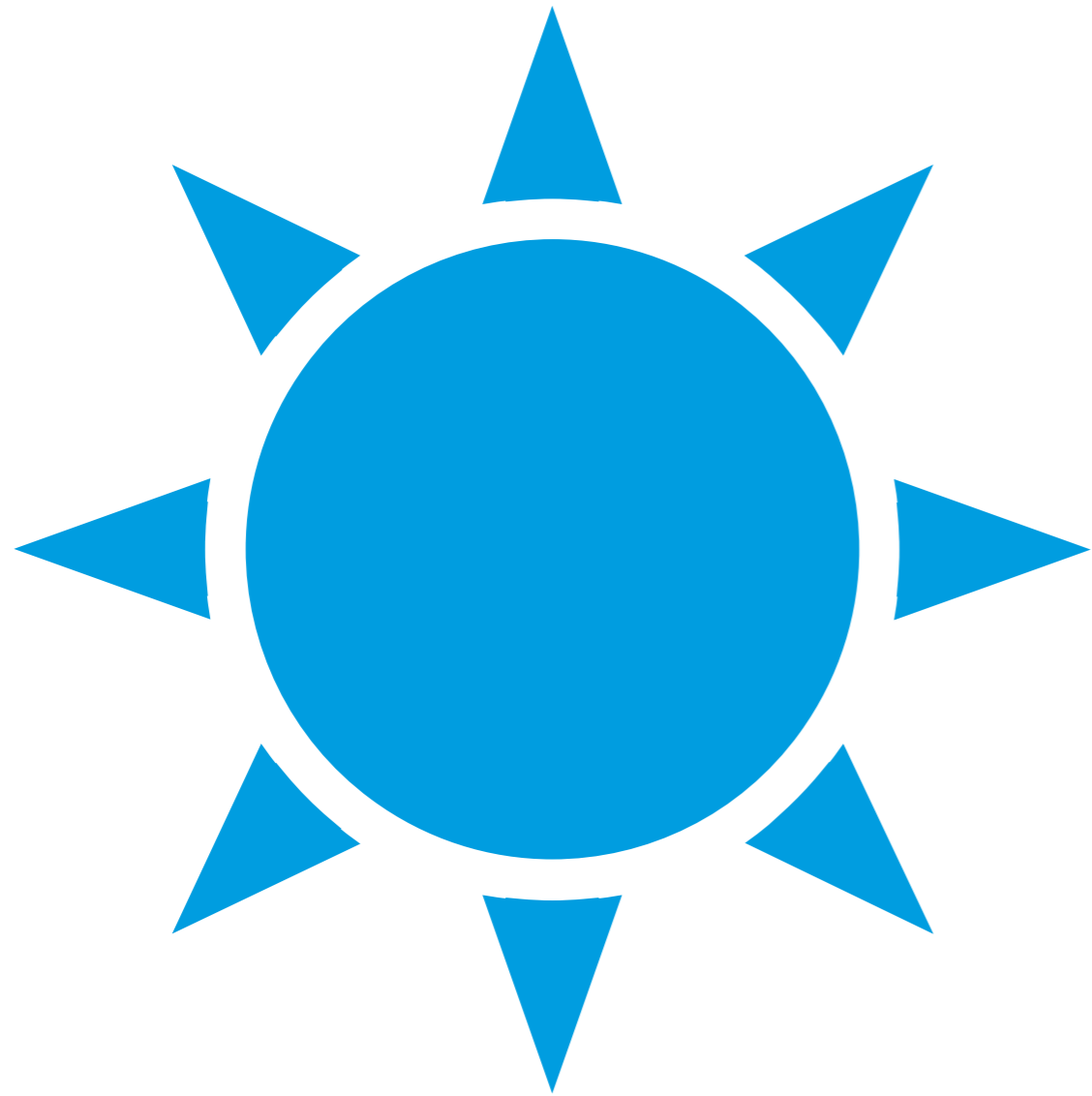
Hitzestress ist laut Experten die schwerwiegendste Auswirkung auf den Menschen im Bereich Gesundheit. Am meisten davon betroffen sind ältere und kranke Menschen. Der Klimawandel kann indirekt zu einer möglichen Verschlechterung der Luftqualität führen, was sich negativ auf Atemwegs- und Herzkreislaufkrankungen auswirkt. Zecken und Mücken werden häufiger zur Plage. Sie verbreiten auch Krankheiten.

Im Umgang mit Hitzestress spielt die Raumplanung eine wichtige Rolle. Städtische Grünflächen können Zuflucht an den heißesten Tagen im Jahr bieten. Hitzewarnsysteme, wie es sie bereits für die Stadt Bozen gibt, sollten auch auf weitere Südtiroler Städte und Gemeinden ausgeweitet werden. Menschen über das richtige Verhalten bei großer Hitze aufzuklären, ist das Um und Auf. Durch Maßnahmen wie das Überwachen, Informieren und Einbinden der Bevölkerung in Planungsprozesse kann den unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen entgegengewirkt werden.

anpassung

Im Umgang mit dem Klimawandel gilt es einerseits Maßnahmen zum Klimaschutz zu ergreifen, andererseits Maßnahmen, um die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels so weit als möglich abzuschwächen. In Südtirol sind die Rahmenbedingungen für die Anpassung an den Klimawandel eigentlich optimal: es gibt eine gut funktionierende Verwaltungsstruktur, einen hohen technologischen Standard, und das bestehende Autonomiestatut ermöglicht ein rasches, maßgeschneidertes Handeln.

Die bisherigen, in den einzelnen Sektoren geplanten und zum Teil umgesetzten Maßnahmen berücksichtigen allerdings nicht explizit den Klimawandel. Hier gilt es anzusetzen. Ziel sollte es nun sein, die Anpassung an den Klimawandel mit auf die politische Agenda zu setzen und sektorenübergreifend zu koordinieren. Hierfür muss ein Verantwortlicher festgelegt werden. Dies kann ein Amt sein, eine neue Abteilung, aber auch eine sektorenübergreifende Arbeitsgruppe. Inhaltliche Unterstützung sollten sie von der Klimaforschung bekommen, die weiter ausgebaut gehört, vor allem um die lokalen Auswirkungen zu untersuchen. Außerdem gilt es in Sachen Kommunikation einerseits die Südtiroler Bevölkerung aufzuklären, andererseits die entsprechenden Interessensvertreter und lokalen Institutionen laufend in die Diskussion mit einzubinden.



klima *wandel*

Marc Zebisch

Anmerkung: Einige der hier angeführten Informationen entstammen dem Synthesebericht des Internationalen Klimarats (IPCC) der auch auf Deutsch und Englisch vorliegt:
http://www.de-ipcc.de/_media/IPCC-SynRepComplete_final.pdf
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html

In diesem Kapitel

Der Klimawandel ist keine Spekulation. Der Anstieg der Treibhausgase und damit auch der Temperatur lässt sich durch Messungen weltweit belegen. Hauptverursacher ist der Mensch.

Mit Hilfe von Klimamodellen und sog. Szenarien können Forscher mögliche Entwicklungen aufzeigen. Zieht man verschiedene Szenarien in Betracht, wird für die Zukunft mit einer beschleunigten Erwärmung um +1,8°C bis +4°C bis zum Ende des Jahrhunderts gerechnet. Die Alpen sind im weltweiten Vergleich besonders stark vom Klimawandel betroffen. Die Erwärmung fiel in den letzten 100 Jahren mit +2°C doppelt so stark aus wie im europäischen Durchschnitt. An der EURAC haben Forscher anhand von Szenarien errechnet, dass die Jahresdurchschnittstemperatur in Südtirol bis zum Jahr 2050 um +1,2°C bis +2,7°C steigen wird.

Niederschläge werden künftig im Winter vermehrt als Regen und nicht als Schnee fallen. Außerdem ist mit einer Zunahme von Extremen (Hitzetage, Starkregen, Stürme usw.) zu rechnen.

Der globale Klimawandel und seine Ursachen

Seit ca. einem Jahrhundert beobachtet man eine ungewöhnliche und rasche Erwärmung des Erdklimas (um +0,74°C seit 1906). Besonders seit den 1970er Jahren hat sich dieser Trend noch einmal erheblich verstärkt. So war 2000-2009 das wärmste Jahrzehnt seit Beginn der Wetteraufzeichnungen (seit 1850), gefolgt von 1990-1999 und 1980-1989.

Die mittleren Temperaturen auf der Nordhalbkugel waren in der zweiten Hälfte des 20. Jhdts. sehr wahrscheinlich höher als während jedes anderen 50-Jahres-Abschnitts der letzten 500 Jahre und wahrscheinlich die höchsten in den letzten 1300 Jahren (1).

Einer der Hauptgründe für den Klimawandel ist die vom Menschen verursachte Zunahme der Konzentration sog. Treibhausgase (THG) in der Atmosphäre. Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasserdampf, Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O).

Treibhausgase strahlen die von der Erde ausgehende Wärmestrahlung zum Teil zurück und tragen durch diesen „Treibhauseffekt“ zu einer Erwärmung der Atmosphäre und der Erdoberfläche bei (vgl. Abbildung 01).

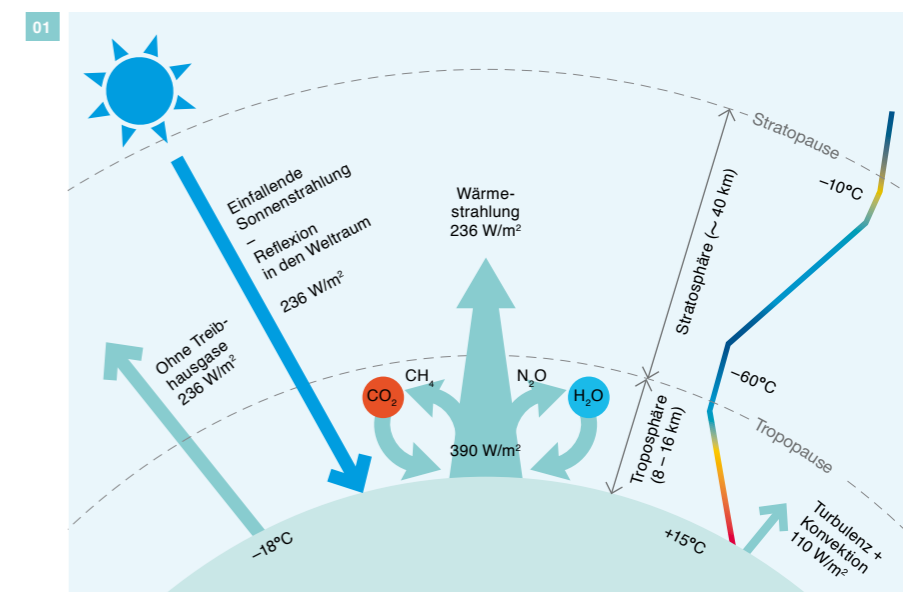
Dabei ist der Treibhauseffekt zunächst ein natürliches Phänomen, das die Entwicklung der menschlichen Zivilisation erst möglich gemacht hat. Ohne den Wasserdampf in der Atmosphäre betrüge die Durchschnittstemperatur auf der Erde -18°C, zu kalt zum Überleben.

Allerdings hat der Mensch in den letzten 150 Jahren erheblich in dieses System eingegriffen. Um unseren Energiebedarf zu decken, verbrauchen wir in wenigen Generationen fossile Brennstoffe, die in Hunderten von Millionen Jahren entstanden sind. So gelangen in kurzer Zeit zusätzliche Treibhausgase, vor allem CO₂, in die Atmosphäre. Andere Treibhausgase wie Methan und Lachgas entstehen in der Landwirtschaft oder durch Industrie und Verkehr.

Infolgedessen haben die weltweiten Treibhausgasemissionen erheblich zugenommen und nehmen immer noch weiter zu. Allein in den letzten 30 Jahren stiegen die Treibhausgasemissionen um 70 % an (vgl. Abbildung 02). Dadurch erhöhte sich der CO₂-Gehalt der Atmosphäre in den letzten 150 Jahren um mehr als ein Drittel (von 280 ppm auf 379 ppm). Aus Eisbohrungen lässt sich bestimmen, dass die heutige CO₂-Konzentration bei weitem das höchste Niveau der letzten 650.000 Jahre aufweist. Die Emissionen stam-

01 ABB

01 Der Treibhauseffekt. Sonnenstrahlung gelangt auf die Erde und wird von dort als Wärmestrahlung wieder abgestrahlt. Ein Teil davon wird von den Treibhausgasen in der sog. Tropopause wieder zur Erde zurückgestrahlt und erwärmt so die untere Atmosphäre und die Erdoberfläche. Quelle: Hamburger Bildungsserver



men ca. zu 2/3 aus dem Bereich Verkehr, Energie, Industrie und Haushalte und zu 1/3 aus dem Bereich Land- und Forstwirtschaft (vgl. Abbildung 02).

Neben den menschlichen Aktivitäten spielen auch natürliche Faktoren wie z.B. Schwankungen in der Sonnenaktivität, periodische Schwankungen in der Neigung der Erdachse (die den Wechsel von Eiszeiten und Warmzeiten hervorrufen) oder Vulkanausbrüche eine Rolle. An dem aktuellen Klimawandel sind diese Faktoren aber nur sehr gering (unter 1/3) beteiligt. Zum Teil wäre aufgrund der natürlichen Faktoren (z.B. Abnahme der Sonnenaktivität) in den letzten 30 Jahren sogar eher eine Abkühlung zu erwarten gewesen.

Der Klimawandel ist keine Spekulation. Der Anstieg der Treibhausgase und der Temperatur lässt sich durch Messungen weltweit belegen. Auch die Quellen der Treibhausgase sind belegt. Dabei haben wir noch Glück, dass über die Hälfte der menschlichen

Treibhausgasemissionen nicht in der Atmosphäre verbleiben, sondern in den Meeren und Ozeanen oder durch die Vegetation gebunden werden. Dieser natürliche Speicher verschafft uns ein wenig Luft, ist leider aber auch Teil einer Rückkopplungskette. Vor allem die Meere geben bei Erwärmung – ähnlich wie Mineralwasser, das in der Hitze stehen gelassen wurde – gelöstes CO₂ wieder frei und beschleunigen so nochmals zusätzlich den Klimawandel.

Einen ähnlichen positiven Rückkopplungseffekt kann man bei den schnee- und eisbedeckten Gebieten unseres Planeten beobachten (Polkappen, Gebirge). Schnee und Eis reflektieren die Sonnenstrahlung zurück und wirken so einer noch schnelleren Erwärmung entgegen. Sie werden daher auch „die Sonnencreme der Erde“ genannt. Schmilzt Schnee und Eis, trifft die Sonnenstrahlung direkt auf Landoberfläche oder das Meer, die sich aufgrund der dunkleren Farbe stärker erwärmen. So tragen eine verringerte Schneebedeckung und das Abschmelzen der Polkappen zur beschleunigten Erwärmung bei.

Zukünftige Entwicklung

Die Wissenschaft kann die Zukunft nicht vorhersagen. Aber sie kann mit Hilfe von Klimamodellen und sog. Szenarien mögliche Entwicklungen aufzeigen. Szenarien sind klassische „was wäre wenn?“ Analysen. Das „wenn“ hängt dabei stark von Annahmen über die zukünftige Entwicklung der menschlichen Treibhausgasemissionen ab. Der internationale Klimarat (IPCC) hat hierzu vier verschiedene Szenarienfamilien entwickelt (SRES-Szenarien). Die A-Szenarien gehen dabei von einer weiteren technisierten Entwicklung aus, wobei der Verbrauch an fossilen Rohstoffen gegen Mitte des 21. Jhdts. abnimmt. Die B-Szenarien gehen dagegen von einer mehr ökologisch ausgerichteten Welt aus mit einem raschen Rückgang der Emissionen unter das heutige Niveau. Die B-Szenarien zeigen auf, wie sich die Erwärmung entwickeln würde, wenn die Menschheit in den nächsten Jahrzehnten die Treibhausgasemissionen drastisch reduzieren würde (vgl. Ab-

bildung 03, links). Das A1B Szenario wird als das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste angesehen. Es beschreibt eine wirtschaftsorientierte, globalisierte Welt mit einer ausgewogenen Nutzung fossiler und nichtfossiler Energiequellen.

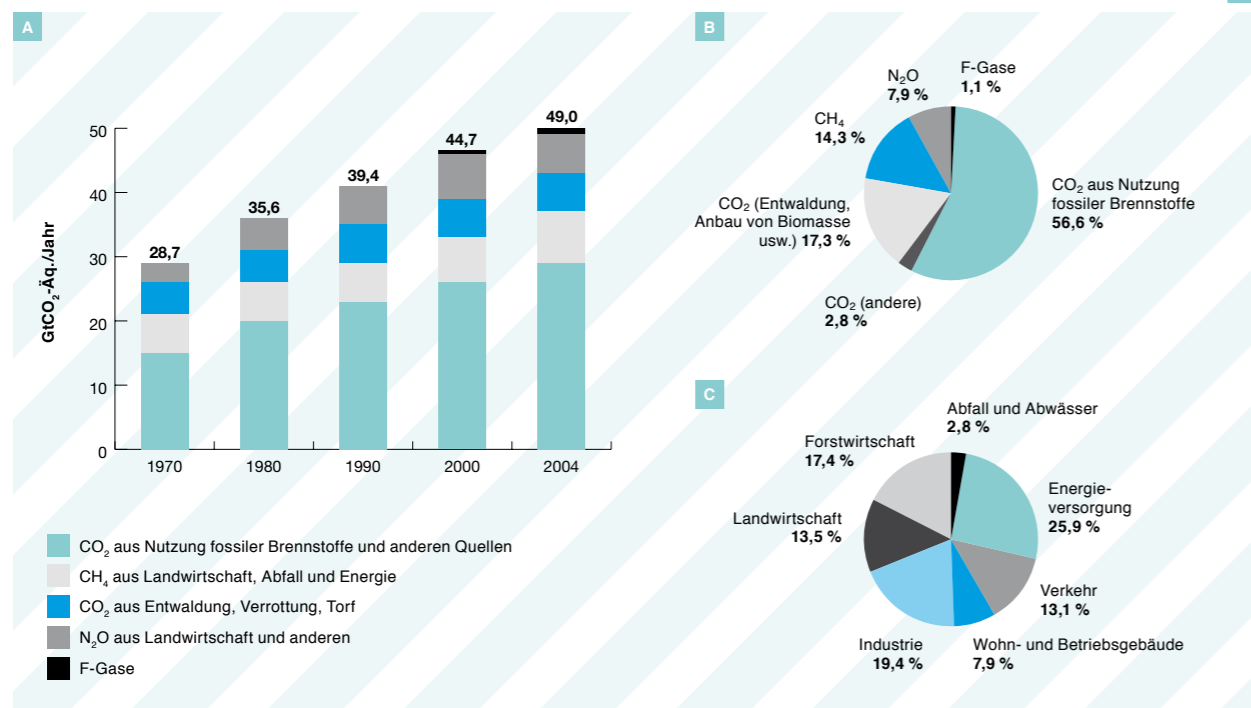
Zieht man alle Szenarien in Betracht, wird für die Zukunft je nach weiterem Verlauf der Emissionen mit einer beschleunigten Erwärmung um +1,8°C bis +4°C bis zum Ende des Jahrhunderts gerechnet.

Die Alpen und Südtirol

Die Alpen sind im weltweiten Vergleich besonders stark vom Klimawandel betroffen. So fiel im Alpenraum die Erwärmung in den letzten 100 Jahren mit +2°C doppelt so stark aus wie im europäischen Durchschnitt (2). Die Gründe für diese besonders rasche Erwärmung sind noch nicht vollständig klar. Eine der Ursachen dürfte die Funktion der Alpen als Klimascheide zwischen dem me-

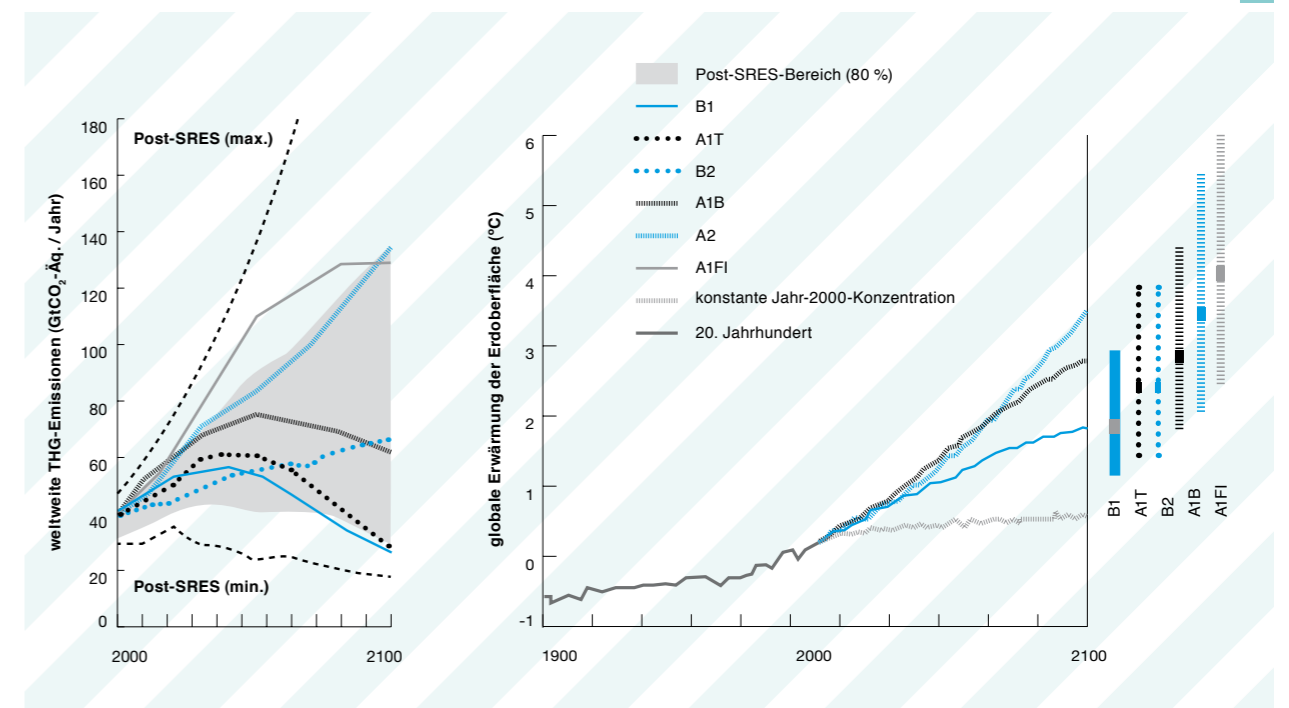
ABB

02 (A) Weltweite jährliche Emissionen anthropogener Treibhausgase von 1970 bis 2004. (B) Anteil unterschiedlicher anthropogener Treibhausgase an den Gesamtemissionen im Jahr 2004 als CO₂-Äquivalent (C) Anteil unterschiedlicher Sektoren an den gesamten anthropogenen THG-Emissionen im Jahr 2004 als CO₂-Äquivalent (Forstwirtschaft schließt Entwaldung mit ein). Quelle: IPCC, 2007 (1)



ABB

03 Szenarien über die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen und der globalen Temperaturen. Links: Szenarien über die Entwicklung der menschlichen Treibhausgasemissionen. Das A1B Szenario mit einem Anstieg der Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts wird dabei als das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste angesehen. Die B-Szenarien gehen dagegen von einer Reduktion der Emissionen um ca. die Hälfte bis Ende des Jahrhunderts aus. Rechts: mögliche Entwicklung der globalen Mitteltemperatur. Quelle: IPCC, 2007 (1)



diterranen Klima Südeuropas und dem atlantischen Klima Mitteleuropas sein. Der Klimawandel führt nicht nur zu einer generellen Erwärmung, sondern auch zu einer Verschiebung von Klimazonen nach Norden. Dadurch liegen die Alpen, und vor allem der Teil südlich des Alpenhauptkamms, verstärkt im Einflussbereich des mediterranen Klimas mit seinen heißen, trockenen Sommern und milden und feuchten Wintern.

Ein anderer Effekt dürfte die sinkende Schneebedeckung in den Alpen sein, die – ähnlich dem Effekt an den Polkappen – die Reflexion verringert und somit zu einer lokalen Erwärmung beiträgt.

Auch in Südtirol ist diese Erwärmung deutlich spürbar. In Bozen hat sich allein in den letzten 30 Jahren die Durchschnittstemperatur bereits um ca. +1,5°C erhöht (vgl. Abbildung 05).

Auch 2009 war wieder ein besonderes Jahr. Auszüge aus dem monatlichen Klimareport des Hydrographischen Amtes (3):

- „Mai: In Bozen war es der heißeste und trockenste Mai seit Beginn der Aufzeichnungen! Mit einer Mitteltemperatur von +20,5°C war es so warm wie in einem durchschnittlichen Juni.“

- „Juni: Mit einer Durchschnittstemperatur in Bozen von +21,7°C wurde der langjährige Mittelwert um +1,8°C übertroffen.“
- „Juli: Der Juli des Jahres 2009 geht durch zahlreiche Unwetter mit neuen Rekorden in die Annalen ein.“
- „August: Heiß und etwas zu trocken, fünftwärmster August in der fast 90-jährigen Klimatologie Bozens.“

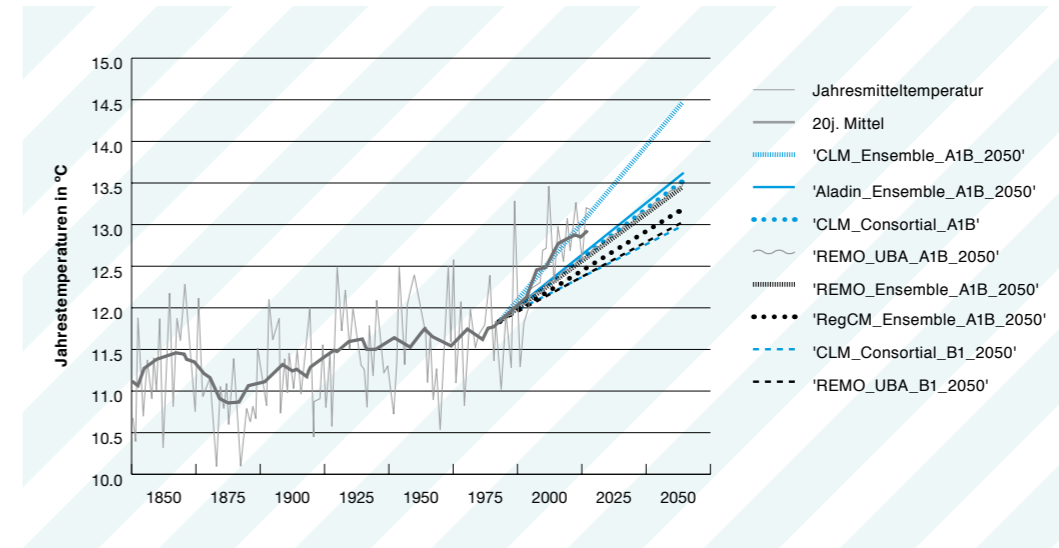
Auch das Jahr 2010 zeigte vor allem im Juli Rekordtemperaturen mit +3°C bis +5°C Grad über denen eines durchschnittlichen Julis. Für die Gesundheit relevant ist auch der Anstieg von tropischen Nächten mit Minimaltemperaturen über +20°C. In Bozen ist die Anzahl solcher tropischen Nächte vor allem in den letzten 20 Jahren deutlich angestiegen. Während in der Periode vor 1995 nur 0-5 tropische Nächte pro Jahr auftraten waren es 2010 schon 20 (vgl. Kapitel Gesundheit S. 80). Für die vorliegende Studie hat die EURAC acht ausgewählte Klimaszenarien für Südtirol ausgewertet. Dabei wurden regionale Klimaszenarien des Europäischen ENSEMBLE Projekts (4) sowie Modellläufe für das Deutsche Umweltbundesamt des Modells CLM (5) und REMO (6) mit den harmonisierten Stationsdaten aus der alpenweiten HISTALP Datenbank der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2) verbunden.



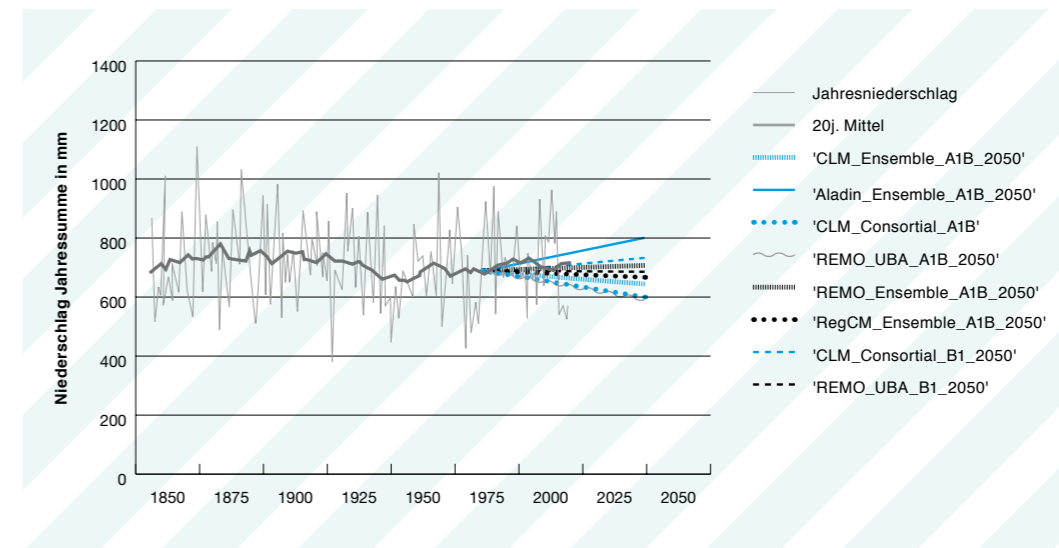
04

ABB

04 Die Alpen sind im weltweiten Vergleich besonders stark vom Klimawandel betroffen. So fiel im Alpenraum die Erwärmung in den letzten 100 Jahren mit +2°C doppelt so stark aus wie im europäischen Durchschnitt. Foto: Thinkstock



05



06

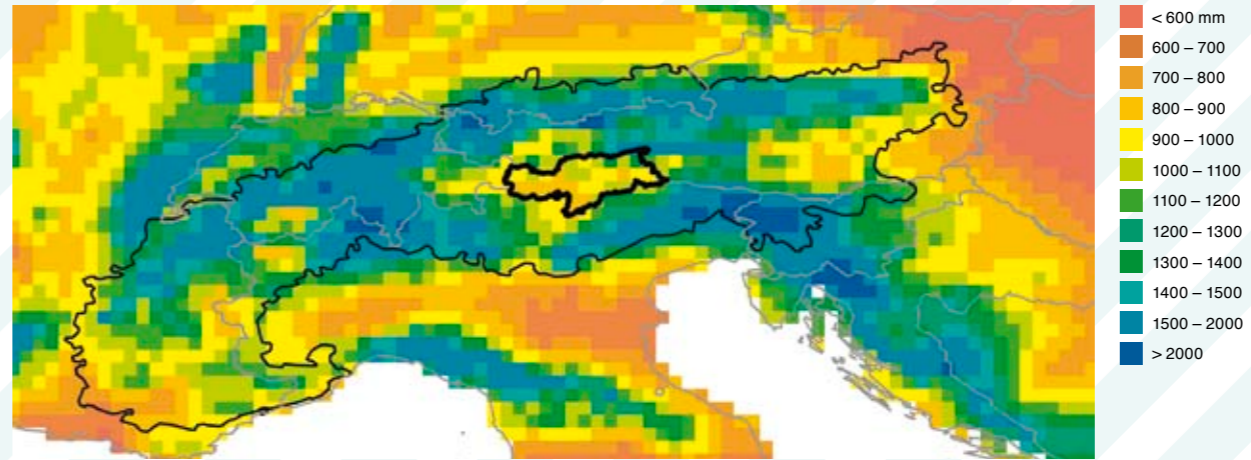
ABB

05 Erwärmung in Bozen. Die Kurve zeigt den Anstieg der Jahresmitteltemperatur als jährliche Werte (graue dünne Kurve) und geglättet als 20-jährigen Mittelwert (graue dicke Kurve) in den letzten 150 Jahren seit 1850. Die anderen Kurven zeigen verschiedene Klimaszenarien für Südtirol. Grundlage ist jeweils die Berechnung der Erwärmung von 1961-90 bis zum Jahre 2030-50. Dabei fällt auf, dass die tatsächliche Erwärmung eher dem höchsten Szenario folgt (hellblaue, gestrichelte Kurve). Quelle: EURAC Auswertung, beruhend auf HISTALP Daten (gemessen, blaue Linie) und verschiedenen regionalen Klimaszenarien

06 Entwicklung der Niederschläge in Bozen. Die Kurve zeigt die Jahressumme der Niederschläge als jährliche Werte (graue dünne Kurve) und geglättet als 20-jährigen Mittelwert (graue dicke Kurve) in den letzten 150 Jahren seit 1850. Die anderen Kurven zeigen verschiedene Klimaszenarien für Südtirol. Grundlage ist jeweils die Berechnung der Veränderung der Niederschläge von 1961-90 bis zum Jahre 2030-50. Quelle: EURAC Auswertung, beruhend auf HISTALP Daten (gemessen, blaue Linie) und verschiedenen regionalen Klimaszenarien



07



08

ABB

07 Vallée Blanche Gletscherbecken. Foto: Thinkstock

08 Durchschnittlicher Jahresniederschlag von 1971 – 2000 in den Alpen. Deutlich wird, dass Südtirol eine der trockensten Regionen in den Alpen ist. Datengrundlage: Efthymiadis et al., 2007. Bearbeitung: EURAC (8)

Laut diesen Szenarien beträgt die zu erwartende Erwärmung in Südtirol von der Periode 1961-90 bis zur Periode 2030-50 für die A1B Szenarien (weitere technologische Entwicklung) zwischen +1,4 und +2,7°C und für die B1 Szenarien (ökologische Entwicklung) immer noch +1,2°C (vgl. Abbildung 05). **Interessant zu sehen** ist, dass die Entwicklung in den letzten 30 Jahren dabei eher dem extremsten Szenario folgte. Für die Periode 2030-50 bedeutet das für die Station Bozen Jahresdurchschnittstemperaturen im Mittel (über alle A1B Szenarien) von +13,7°C, im extremsten Fall sogar bis zu +14,5°C (Szenario CLM_Ensemble_A1B). Zum Vergleich: Das Hitzejahr 2003 hatte nur eine Durchschnittstemperatur von +13,3°C aufzuweisen!

Es ist also in den nächsten 20-30 Jahren mit einer erheblichen weiteren Erwärmung auch in Südtirol zu rechnen.

Ein weniger klares Bild zeichnet sich beim Niederschlag. Langfristig lassen sich sowohl für die Alpen insgesamt als auch für Südti-

rol keine klaren Trends ableiten. Auch die Szenarien über zukünftige Entwicklungen zeigen unterschiedliche Trends auf. Allerdings ist aufgrund der Erwärmung zu erwarten, dass die Niederschläge im Winter vermehrt als Regen und nicht als Schnee fallen.

Neben diesen langfristigen Veränderungen des Klimas ist insgesamt mit einer Zunahme von Extremen zu rechnen. Das betrifft sowohl extreme Jahre bzw. Monate als auch Extremereignisse wie eine vermehrte Anzahl von Hitzetagen und die Zunahme von Starkregenereignissen. Die Annahme von vermehrten Starkregenereignissen beruht vor allem auf der Hypothese, dass es durch die Erwärmung verstärkt zu heißen Sommertagen und in der Folge vermehrt zu konvektiven Niederschlägen (z.B. Gewitterregen) kommt. Für andere Extremereignisse wie Stürme, Hagel usw. wird von einer Zunahme ausgegangen. Diese ist nur zum Teil statistisch nachgewiesen und kann durch Klimamodelle nicht ausreichend belegt werden.

Klima in Südtirol

Die klimatischen Bedingungen Südtirols hängen eng mit seiner charakteristischen Berglandschaft zusammen. Diese erstreckt sich von 200 m Meereshöhe bis auf fast 4000 m am Ortler. Aus meteorologischer Sicht ergeben sich drei bedeutende Einflüsse:

1. In der gebirgigen Landschaft Südtirols nehmen die Temperaturen mit der Höhe ab und die Niederschläge mit der Höhe zu. So ergeben sich Klimazonen vom gemäßigt warmen Klima in der Talsohle des Etschtals mit durchschnittlichen Sommertemperaturen über +20°C und milden Wintern über ein kaltes Klima oberhalb 2000 m bis hin zum ewigen Eis der Alpengletscher.
2. Die Lage Südtirols im Zentrum der Alpen, mit dem Alpenhauptkamm im Norden, der Cevedale- und Adamellogruppe im Westen und den Dolomiten im Osten, schirmt Südtirol von feuchten Strömungen ab, sodass es im alpenweiten Durchschnitt eine trockene Region ist. Besonders der

Vinschgau, Teile des Wipptals, die Hochplateaus Salten, Ritten und Villanderer Alm, mit Niederschlägen zum Teil deutlich unter 600 mm, gehören zu den trockensten Regionen in den Alpen. Die höchsten Niederschläge sind an der nordöstlichen Landesgrenze zu verzeichnen (vgl. Abbildung 08).

3. Die Lage des Alpenhauptkamms führt zum Auftreten zweier besonderer Wetterphänomene: des Föhns, der trockenes Wetter mit sich bringt und der Südostlagen, die bei Tiefdrucklagen über dem Golf von Genua oder der Adria ergiebige Niederschläge mit sich bringen.

Zu diesen klimatischen Besonderheiten kommen Wetterextreme, wobei für Südtirol vor allem Starkregenereignisse und Gewitter im Sommer sowie hohe Sommertemperaturen bei Hitzewellen in den Tallagen im unteren Etschtal von z.T. weit über +35°C eine Rolle spielen.

verändert nach: Wassernutzungsplan, Autonome Provinz Bozen - Südtirol (7)

Fernerkundung

Innerhalb des „Projekts Klimawandel“ wurden am EURAC-Institut für Angewandte Fernerkundung Methoden für das Monitoring von Schnee und Vegetation mit Hilfe von Satellitendaten entwickelt. Als Grundlage dienen Satellitendaten des amerikanischen Sensors MODIS, der auf den zwei Satelliten TERRA und AQUA die Erde umkreist. Die Bilder der Satelliten gehen mehrmals täglich über die Empfangsstation der EURAC am Rittner Horn ein und werden an der EURAC ausgewertet.



ABB

01 Die Satellitenempfangsstation der EURAC auf dem Rittner Horn. Foto: Sigrid Hechensteiner, EURAC



ABB

02 Die Alpen in den MODIS Satellitendaten. Aufnahme vom 07. Februar 2011. Deutlich erkennbar ist die Schneebedeckung in den Alpen. Quelle: EURAC

Durch eine Ergänzung der von der EURAC empfangenen Satellitendaten mit Satellitendaten aus dem Archiv der NASA konnte eine Zeitreihe von täglichen Daten von 2001-2011 erstellt werden.

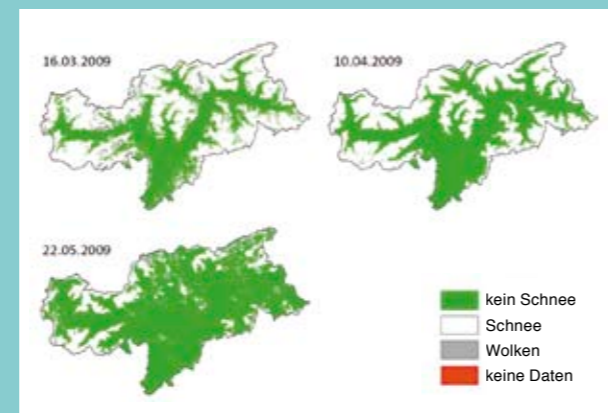
Auf dieser Grundlage konnten die EURAC-Forscher ermitteln, wie Schneebedeckung und Vegetation in Südtirol auf die Witterung in unterschiedlichen Jahren reagiert und damit Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels ziehen. Neben der direkten Beobachtung von Schnee und Vegetation kommen diese Daten auch in Zusammenarbeit mit dem EURAC-Institut für Alpine Umwelt zum Einsatz, um die Genauigkeit von hydrologischen Modellen zu verbessern.

Schnee

Schnee reagiert sehr sensibel auf die Witterung. Mit Hilfe der MODIS-Daten wurden vier Parameter untersucht:

- tägliche Schneebedeckung
- Höhe der Schneegrenze
- Abschmelzkurven des Schnees
- Dauer der Schneebedeckung pro Winter

Um die tägliche Schneebedeckung zu ermitteln, entwickelten die Forscher eine automatisierte Methode, die mehrfach täglich aktuelle Schneekarten produziert. Die Auswertung in quasi-Echtzeit ermöglicht zum einen Langzeitstudien, zum anderen dienen die Schneekarten Monitoringzwecken – z.B. für Warnungen vor Hochwasser bei Schneeschmelze oder vor Lawinen. Die Daten werden deshalb auch täglich der Abteilung Zivilschutz der Autonomen Provinz Bozen übermittelt.

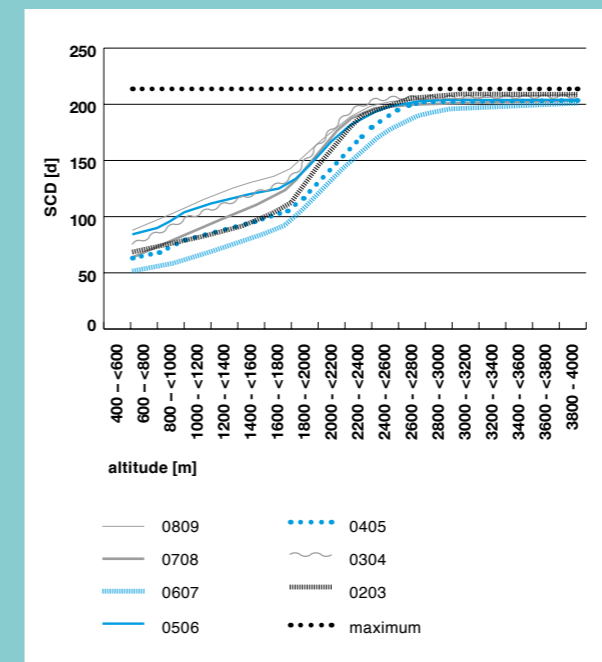


ABB

03 Beispiele für Schneebedeckungskarten für Südtirol aus dem Jahr 2009. Deutlich ist der Rückgang der Schneedecke von März bis Mai zu erkennen. Quelle: Daten und Auswertung EURAC

Die Schneebedeckungskarten wurden auch rückwirkend bis zum Jahr 2001 berechnet, sodass ein lückenloses Bild für die letzten 10 Jahre vorliegt. Aus diesen Daten lassen sich Abschmelzkurven und die Dauer der Schneebedeckung ermitteln.

Die Auswertung der Daten zeigt beispielsweise, dass in dem zu warmen Winter 2006-2007 (er kann stellvertretend für die Winter unter Klimawandel angesehen werden) die Schneebedeckungsdauer in den Höhenlagen von 1000-2000 m ca. 50 Tage weniger betrug als in dem schneereichen Jahr 2008-2009. Selbst in Höhen zwischen 2600-2800 m betrug die Differenz noch 20 Tage.



ABB

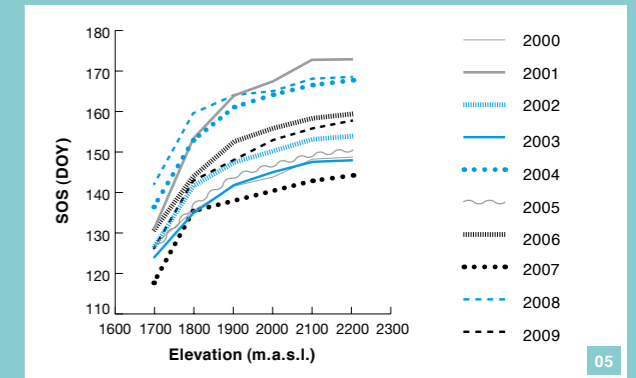
04 Schneebedeckungsdauer (SCD) in den Wintersaisons 2002/2003 – 2008/2009. Zu erkennen ist die Höhenabhängigkeit der Schneebedeckung von ca. 50 Tagen in den tiefen Lagen bis ca. 210 Tagen in den Hochlagen der Gebirge sowie die um ca. 50 Tage verkürzte Schneebedeckung in den tiefen bis mittleren Lagen im warmen Winter 2006/2007. Quelle: Daten und Auswertung EURAC

Vegetation

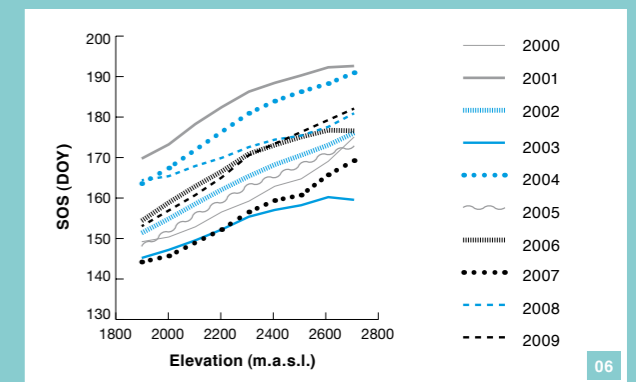
Um die Empfindlichkeit der Vegetation gegenüber Veränderungen im Klima zu untersuchen, wurden zwei Themenschwerpunkte abgedeckt.

- Phänologie
- Leaf Area Index – LAI (Blattflächenindex)

Die Phänologie ist der Verlauf der Vegetationsentwicklung innerhalb eines Jahres. Im Rahmen des „Projekts Klimawandel“ wurde mit Hilfe von Satellitendaten untersucht, ob und wie sensibel die Entwicklung der Lärchenwälder in Südtirol, insbesondere im Vinschgau, gegenüber unterschiedlichen Witterungsverläufen ist. Dazu wurden die zwei Parameter „Beginn der Vegetationsperiode“ und „Ende der Vegetationsperiode“ aus den Satellitendaten ermittelt.



05



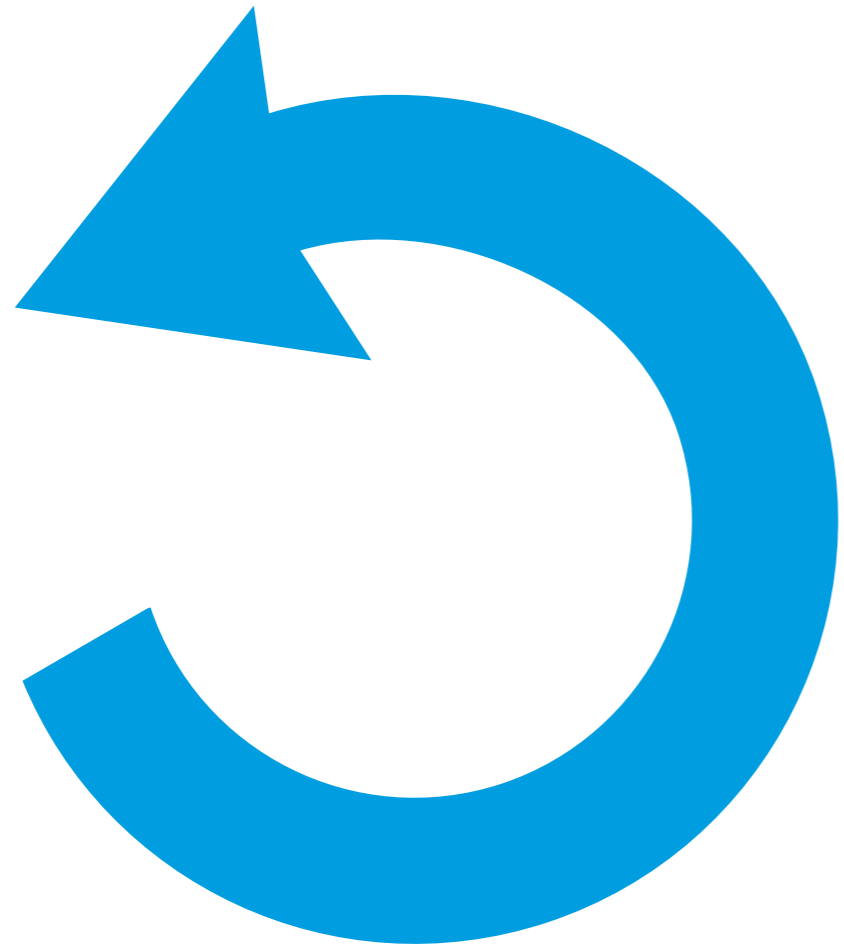
06

ABB

05 + 06 Vegetationsbeginn (SOS) für Lärchenwälder (oben) und Grünland (unten) aus Satellitenbildern für verschiedene Jahre in Abhängigkeit der Höhenlage. Die Ergebnisse zeigen, dass in Jahren mit einem warmen Frühjahr, die Vegetationsentwicklung bis zu 30 Tage früher beginnt als in kalten Jahren. Am meisten stechen die warmen Jahre 2003 und 2007 hervor, während im Jahr 2001 die Vegetationsperiode außergewöhnlich spät begann. Quelle: Daten und Auswertung EURAC

Pro 1°C Temperaturanstieg konnte eine Verfrühung der Vegetationsperiode um 9 Tage ermittelt werden. Auch das Ende der Vegetationsperiode schiebt sich um 4 Tage pro 1°C Erwärmung nach hinten. Ähnliche Ergebnisse wurden auch für den Blattflächenindex gefunden. Er ist ein Maß für die Dichte von Blättern der Vegetation. Der Blattflächenindex erlaubt Rückschlüsse auf die Pflanzenmasse und ist eine wichtige Größe, um die Verdunstung durch die Vegetation abzuschätzen.

Die Ableitung des Blattflächenindexes wurde im Projekt ebenfalls automatisiert, sodass dieser Parameter auch in Zukunft für das Monitoring des Klimawandels in Südtirol eingesetzt werden kann. Dank des Klimawandel-Projekts steht Südtirol nun ein satellitengestütztes Monitoringsystem für Schnee und Vegetation zur Verfügung, das auch über die Projektdauer hinaus aktiv bleibt und existierende Monitoringsysteme in der Provinz, z.B. jene der Abteilung Zivilschutz, ergänzt.



aus
wirkun
gen

Marc Zebisch
Georg Niedrist

In diesem Kapitel

In Bergregionen wie Südtirol hängt die Gesellschaft mit all ihren Aktivitäten wie beispielsweise Tourismus, Land-, Wasser- und Forstwirtschaft stark von der Umwelt ab. Ändern sich durch den Klimawandel die Umweltbedingungen, sind indirekt auch die gesellschaftlichen Aktivitäten bzw. Sektoren betroffen.

Die Anfälligkeit eines Sektors gegenüber dem Klimawandel wird in der wissenschaftlichen Literatur auch oft als „Vulnerabilität“ bezeichnet. Welche potenziellen Auswirkungen der Klimawandel auf Wasserhaushalt und Biodiversität, aber auch beispielhaft auf einige Sektoren hat, wird im folgenden Kapitel untersucht. Außerdem werden die Begriffe „Anpassungskapazität und -optionen“ erläutert.

Der vorliegende Bericht beschäftigt sich ausschließlich mit den Folgen des Klimawandels. Neben der Anpassung an die möglichen Folgen kommt dem Klimaschutz – also der Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen – eine wichtige Rolle zu, was in diesem Kapitel kurz an einem Beispiel erläutert wird.

Es gilt das Motto: „Das Vermeidbare verhindern und sich auf das Unvermeidbare vorbereiten.“

Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt und Gesellschaft

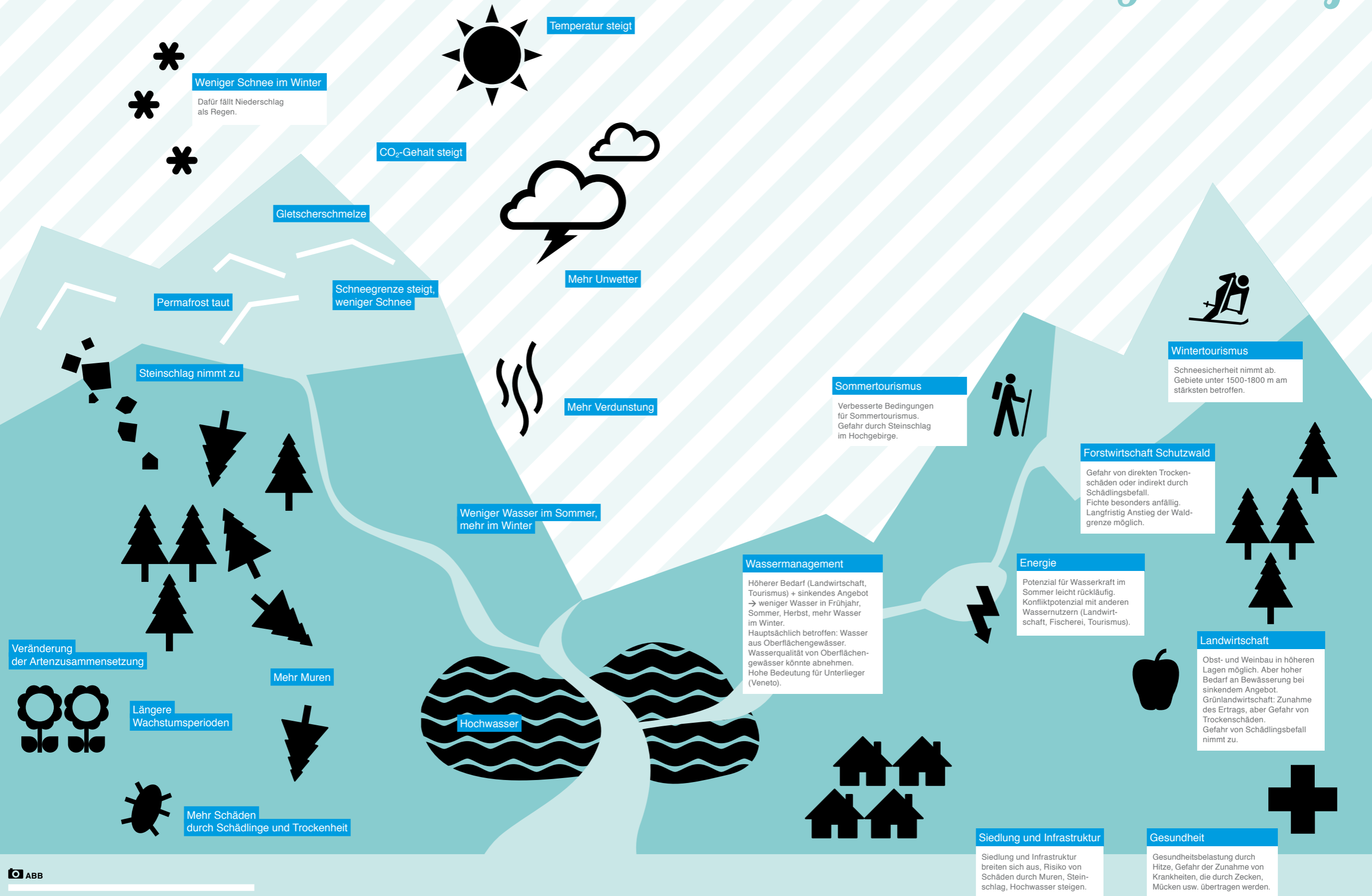
Zusammengefasst lässt sich der Klimawandel (vgl. vorheriges Kapitel) grob auf folgende Elemente reduzieren:

- Anstieg der CO₂-Konzentration (mit direkter Auswirkung für die Pflanzenwelt)
- Anstieg der Temperaturen (sowohl der Mitteltemperaturen als auch der Extremtemperaturen)
- Veränderungen in der Niederschlagsverteilung:
 - im Winter: mehr Regen, weniger Schnee
 - möglicherweise mehr Starkniederschläge
 - unregelmäßigere Verteilung: mehr Trockenperioden, mehr Niederschlagsereignisse sowohl innerhalb eines Jahres als auch zwischen den Jahren
 - eventuell Rückgang der Niederschläge im Sommer (unsicher).

Diese Aspekte des Klimawandels wirken sich **direkt** auf die **Umwelt** in alpinen Gebieten wie Südtirol aus und können dort u.a. zu

Veränderungen im Wasserhaushalt, zum Rückgang von Schneebedeckung und Gletschern, zu mehr Naturgefahren wie Muren und Hochwasser sowie zu Veränderungen in der Pflanzenwelt und der Biodiversität führen. Diese direkten Auswirkungen werden hier behandelt.

Gerade in einer Bergregion wie Südtirol hängt die **Gesellschaft** mit ihren Aktivitäten und ökonomischen Sektoren stark von der Umwelt ab (bspw. Tourismus, Landwirtschaft, Forstwirtschaft). Ändern sich durch den Klimawandel die Umweltbedingungen, sind **indirekt** auch die gesellschaftlichen Aktivitäten und Sektoren betroffen. Durch seine Anfälligkeit gegenüber Hitze (über 30.000 Hitzetote in Europa im Sommer 2003!) ist zudem der Mensch und seine Gesundheit vom Klimawandel beeinträchtigt (vgl. Kapitel Gesundheit S. 80). In den Folgekapiteln werden für ausgewählte Sektoren und Aktivitäten die möglichen Auswirkungen des Klimawandels in Südtirol sowie der Stand der Anpassung und mögliche Anpassungsoptionen analysiert.



☁ Direkte Auswirkungen

Wasser

Anmerkung: hier werden die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserkreislauf beschrieben. Die Bedeutung von Wasser für den Sektor Wasserwirtschaft und andere Sektoren (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Tourismus) werden in den entsprechenden Kapiteln ausgeführt.

Der Klimawandel beeinflusst direkt nahezu alle Elemente des Wasserkreislaufs. Im Wasserkreislauf erreicht Wasser in Form von Regen oder Schnee die Landoberfläche. Von dort fließt ein großer Teil entweder direkt oberflächlich oder unterirdisch ab und gelangt früher oder später in die Oberflächengewässer oder in das Grundwasser. Vor allem im Sommer gelangt ein wesentlicher

Teil über Pflanzenverdunstung (Transpiration) und direkte Verdunstung von Oberflächen (Evaporation) wieder in die Atmosphäre. Diese zwei Arten der Verdunstung werden als Evapotranspiration zusammengefasst. Die Evapotranspiration hängt erheblich von der Temperatur und der Entwicklung der Vegetation ab, sodass hier der Einfluss des Klimawandels deutlich zu spüren sein wird. In Südtirol gehen laut Modellrechnungen des Hydrographischen Amtes zurzeit im Jahr ca. 30 % aller Niederschläge durch Verdunstung verloren. In den Sommermonaten sind es ca. die Hälfte der Niederschläge (vgl. Abbildung 01).

In dem komplexen Zusammenspiel von Niederschlag, Abfluss und Verdunstung sind die zu erwartenden Einflüsse des Klimawandels auf den Wasserkreislauf:

- Veränderung der Niederschläge (vgl. Kapitel Klimawandel S. 10) mit leichter Tendenz zu einem Rückgang im Sommer;
- Zunahme der Verdunstung vor allem im Frühjahr und Sommer durch höhere Temperaturen;
- mehr direkter Abfluss im Winter, weniger Abfluss im Sommer durch mehr Regen und weniger Schnee im Winter (Verringerung des Speichereffekts durch Schnee).

In der Gesamtheit der Effekte bedeutet dies sehr wahrscheinlich mehr Wasser im Winter und weniger Wasser im Sommer. Dieser zu erwartende Trend spiegelt sich auch in Modellrechnungen für den Alpenraum und Südtirol wieder (vgl. Abbildung 02).

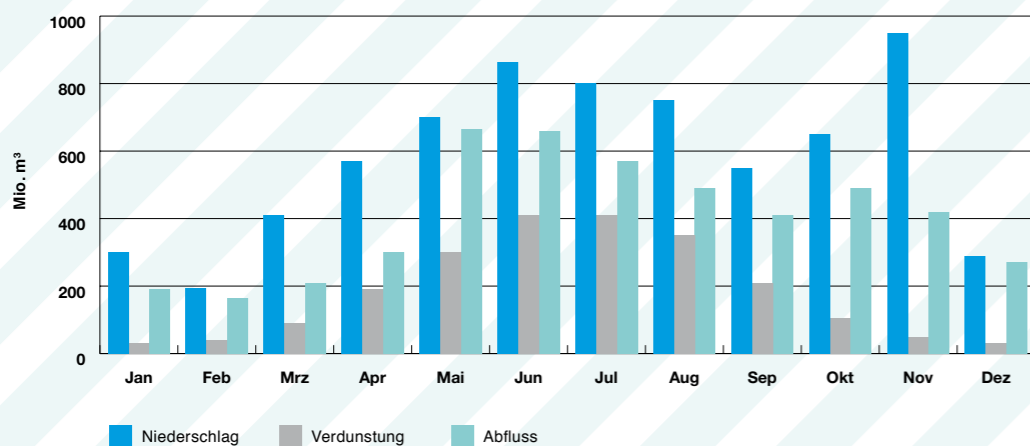
Schnee und Eis

Als direkte Auswirkung steigender Temperaturen fallen die Niederschläge auch im Winter verstärkt als Regen und weniger als Schnee. Zudem setzen die Schneefälle im Winter später ein, die

ABB

01 Niederschlag (blau), Verdunstung (grau) und Abfluss (türkis) in Südtirol (1995-2004, in Mio. m³). Im Sommer und im späten Herbst fallen die meisten Niederschläge, im Sommer gehen bis zur Hälfte der Niederschläge durch Verdunstung verloren. Quelle: Hydrographisches Amt, Autonome Provinz Bozen

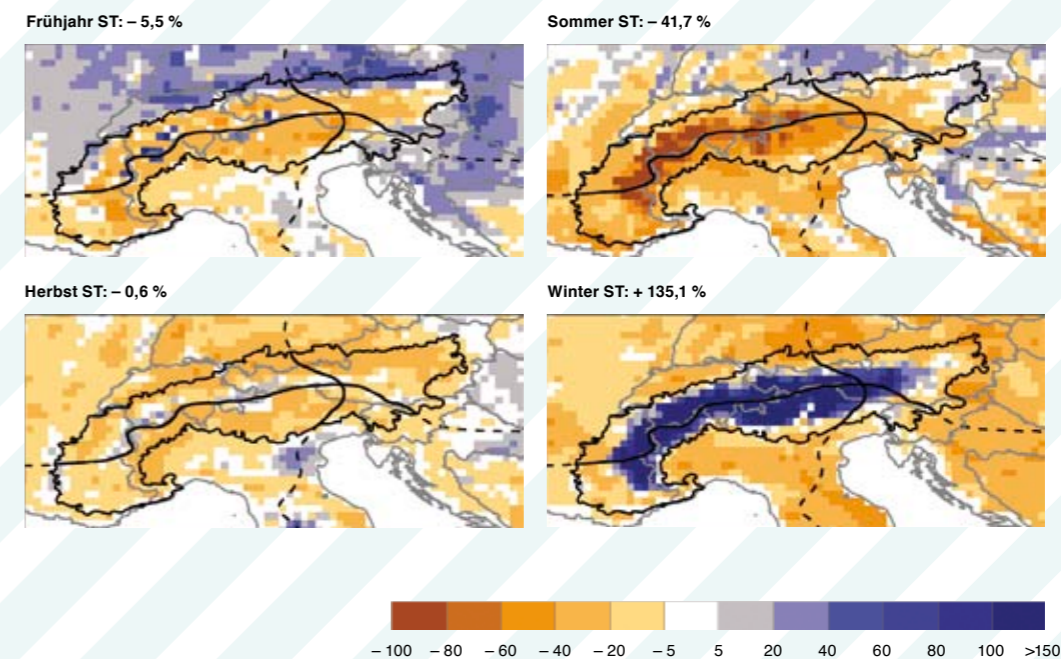
01



ABB

02 Mögliche Veränderung des Abflusses bis zum Ende des 21. Jhdts. gemäß Modellläufen des Modells CLM-UBA, Szenario A1B, Auswertung: EURAC. Deutlich erkennbar ist die Abnahme des Abflusses im Sommer in den Alpen (-41,7 % in Südtirol) aufgrund geringerer Schmelzwassermengen und die Zunahme im Winter (+135 % in Südtirol) aufgrund von mehr Regen und weniger Schneefall. Im Frühling und Herbst geht der Abfluss hingegen nur leicht zurück.

03



Schneeschnmelze beginnt früher, sodass die Schneebedeckungsdauer zurückgeht. Dieser Rückgang der Schneebedeckung lässt sich für die gesamte Nordhalbkugel bereits beobachten. Bis zum Ende des Jahrhunderts wird von einem weiteren Rückgang ausgegangen, der laut verschiedener Klimamodelle in den Alpen zu bis zu 60 Tagen weniger Schneebedeckung führen kann (Abbildung 03). Vom EURAC-Institut für Fernerkundung wurden im Rahmen des Projekts Methoden entwickelt, wie die Schneebedeckung in Südtirol mit Satellitendaten beobachtet werden kann (vgl. Infobox S. 20).

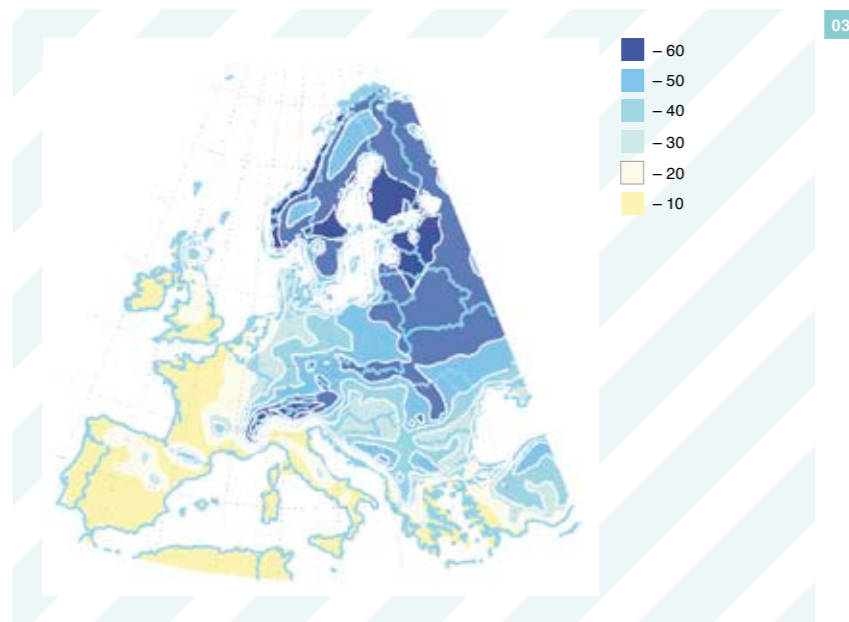
Die Gletscher in den Alpen haben seit 1850 ca. die Hälfte ihrer Masse verloren. Als Folge der immer schneller steigenden Temperaturen schrumpfen sie immer mehr. Allein ein Viertel ihrer Masse verloren sie in der Periode 1975-2000, 10 % in der Periode 2000-2007. Im Hitzesommer 2003 verloren die Alpengletscher im Schnitt drei Meter an Eis, viermal so viel wie in einem durchschnittlichen Sommer. Dieser Rückgang wird weiter rasant zunehmen. Legt man die Klimaszenarien für die Alpen zugrunde, so wären bis 2050 nur noch 30 %-60 % der Gletscherbedeckung vorhanden. Südtirols Gletscher sind aufgrund ihrer geringen Größe besonders anfällig. Die vom Hydrographischen Amt Bozen untersuchten Gletscher (Weißbrunnferner, Langenferner, Westlicher Rieserferner, Übeltalferner) zeigen alle eine negative Tendenz. Für den am

längsten beobachteten Weißbrunnferner wurde seit 1961 eine Volumenabnahme um fast 70 % ermittelt (vgl. Abbildung 04 und Abbildung 05).

Der Rückgang der Gletscher ist neben ihrem landschaftlichen Wert vor allem für den Wasserhaushalt relevant. Gerade die Seitentäler des Vinschgaus beziehen einen nicht unerheblichen Teil ihres Wassers aus Gletscherschmelzwasser. Wenn die Gletscher noch groß genug sind, ist durch den rasanten Abschmelzprozess infolge des Klimawandels kurzfristig sogar mit einer Zunahme der Wasserführung zu rechnen. Sobald die Gletscher kleiner werden (was bei vielen Südtiroler Gletschern schon der Fall ist), nehmen die Schmelzwassermengen ab und die Wasserversorgung ist beeinträchtigt.

Permafrost

Permafrost ist Boden, Geröll oder Felsmaterial in den hohen Lagen der Alpen (in Südtirol über ca. 2200 m), der das ganze Jahr über gefroren bleibt (über mehr als zwei Jahre < 0°C). Permafrost stabilisiert vor allem die steilen Lagen im Hochgebirge. Da der Permafrost in den Alpen sich oft bereits in der Nähe des Schmelzpunkts befindet, ist dieser besonders anfällig gegenüber dem Klimawandel. Schon eine Erwärmung um +1°C bedeutet einen Anstieg der 0°C Grenze um 100-200 m. Hinzu kommt, dass gera-

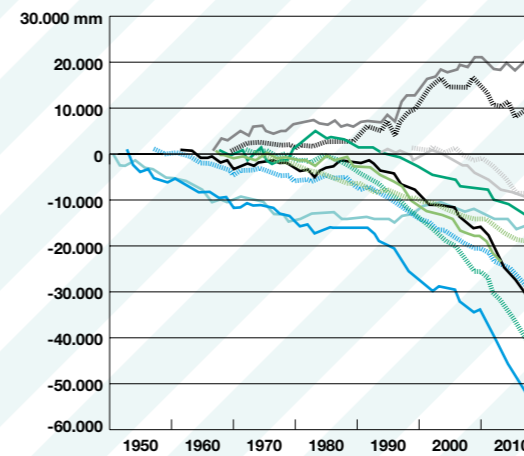


03



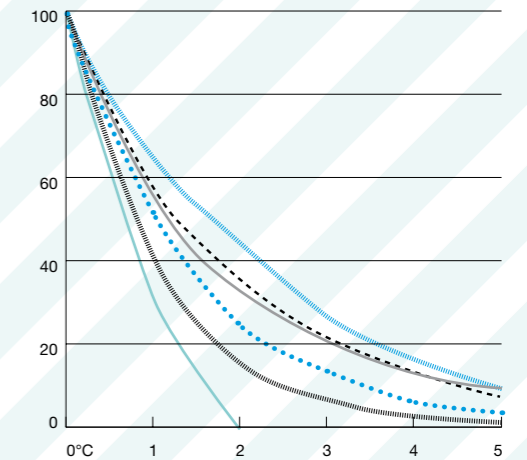
03 Projizierter Rückgang der Tage mit Schneebedeckung in Europa bis zum Ende des Jahrhunderts (Veränderung 2071-2100 gegenüber 1961-1990). Quelle: Jylhä, K. et al. (1)

Kumulative Massenbilanz



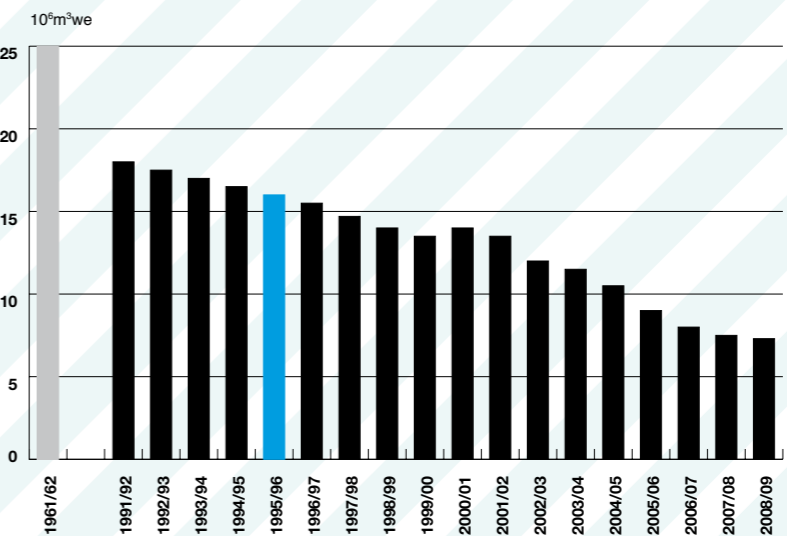
- Storglaciaeren (SE)
- Aalfotbreen (NO)
- Careser (IT)
- Saint Sorlin (FR)
- Hintereis (AT)
- Vernagt (AT)
- Nigardsbreen (NO)
- Hofsjokull (IS)
- Gries (CH)
- Sarnnes (FR)
- Austre Broeggerbreen (NO)
- Maladeta (ES)

% der durchschnittlichen Gletscherbedeckung in der Zeitspanne 1971 – 1990



- Gesamter Alpenraum
- Österreich
- Frankreich
- Deutschland
- Italien
- Schweiz

Gletschervolumen des Weißbrunnferners



04 05



04 Links: Rückgang der Gletscher in Europa (Massenbilanz). Nur zwei norwegische Gletscher haben aufgrund stärkerer Niederschläge an Masse zugelegt. Alle anderen Gletscher haben dramatisch an Masse verloren. Quelle: Zemp et al. (2). Rechts: Prognostizierte Gletscherbedeckung in den Alpen in Abhängigkeit des Temperaturanstiegs. Quelle: World Glacier Monitoring Service (3)

05 Änderungen des Volumens des Weißbrunnferners; in blau der mit dem Georadar gemessene Wert, in grau das auf kartografischer Basis rekonstruierte Volumen. Quelle: Glacierreport, Hydrographisches Amt, Autonome Provinz Bozen (4)



1893

06



2008

07

ABB

06 + 07 Gletscherrückgang am Langtaufferer Ferner. Im Vordergrund die Weißkugelhütte. Hier verlor der Gletscher in den letzten 100 Jahren 30-50 m an Eisdicke und über 1 km an Länge.
Foto 06: Archiv Hydrographisches Amt, Autonome Provinz Bozen
Foto 07: Marc Zebisch, EURAC

de in den hohen Lagen mit einem besonders starken Anstieg der Temperaturen gerechnet wird. Taut Permafrost auf, wird der Boden und das Felsmaterial instabil und gerät an Hängen in Bewegung. In den steilen Lagen kann es so vermehrt zu Sturzprozessen kommen (vgl. Kapitel Naturgefahren S. 60). Auch das im Permafrost in Form von Eis enthaltene Wasser wird durch den Klimawandel freigesetzt, wobei hier die Größe des Effekts noch weitgehend unbekannt ist. Eine Gefahr, die in diesem Wasser liegt, sind hohe Nickelkonzentrationen, die zum Beispiel im Schmelzwasser aus Permafrostregionen im Ötztal gefunden wurden und die weit über den Grenzwerten für Trinkwasser liegen. Der Permafrost in den Alpen und mögliche Auswirkungen des Klimawandels wurden in dem kürzlich abgeschlossenen INTERREG Projekt „PERMANET“ mit Beteiligung des Amts für Geologie der Autonomen Provinz Bozen untersucht¹.

Naturgefahren

Neben dem Auftauen des Permafrosts und der dadurch verursachten Zunahme von Sturzprozessen kann sich durch die Zu-

¹ <http://www.permanet-alpinespace.eu>

nahme von extremen Wetterereignissen wie Starkregen die Häufigkeit und Intensität von Naturgefahren wie Hochwasser oder Murgängen ändern. Diese Prozesse werden im Detail im Kapitel Naturgefahren behandelt.

Biodiversität

Allgemein

Die Alpen zählen besonders aufgrund ihrer vertikalen Ausdehnung zu den artenreichsten und gleichzeitig sensibelsten Lebensräumen Europas. So finden sich über 40 % aller europäischen Pflanzenarten in den Alpen, davon sind rund 10 % ausschließlich dort beheimatet (endemisch). Über direkte Auswirkungen des Klimawandels auf die Artenvielfalt gibt es noch wenig gesicherte Erkenntnisse. Fest steht, dass bislang die menschlichen Eingriffe die Artenvielfalt und -zusammensetzung wesentlich mehr beeinflusst haben als der Klimawandel. Es ist auch in Zukunft davon auszugehen, dass direkte anthropogene Einflüsse wie die intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung oder die Ausdehnung des Siedlungsraums klimagesteuerte Effekte deutlich überlagern werden (5). Es ist aber auch zu erwarten, dass sich mit der Temperaturerhöhung die Lebensräume sukzessive nach oben verlagern werden. Über Ausmaß und

Geschwindigkeit gibt es jedoch noch breiten Forschungsbedarf. Eine der auffälligsten gegenwärtigen Entwicklungen ist die Einwanderung von neuen Arten (Neozoa/Neophyta). Dieses Phänomen ist vor allem auf die zunehmende Mobilität des Menschen, aber auch auf die veränderten klimatischen Wachstumsbedingungen zurückzuführen. Aktuell ist daher ein leichter Anstieg der Artenvielfalt zu verzeichnen. Allerdings sind einige der Neuankömmlinge als problematisch einzustufen, da sie sich aggressiv in ihrem neuen Lebensraum ausbreiten und damit die heimische Flora und Fauna verdrängen. Beispiele für Südtirol sind etwa das drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*, vgl. Abbildung 08) oder der Amerikanische Flusskrebs (*Orconectes limosus*).

Fauna

Über die Reaktionen der alpinen Tierwelt auf den Klimawandel gibt es bislang nur wenige Untersuchungen. Studien aus Deutschland und der Schweiz belegen eine allmähliche Arealausbreitung in Richtung Norden sowie eine Verfrühung oder gar ein Ausbleiben des Vogelzugs bei Zugvögeln und Teilzugvögeln. Bei diversen Insektengruppen sowie einigen Amphibien konnte eine Zunahme der Lebenszyklen bzw. eine verbesserte Fertilität beobachtet werden (vgl. Kapitel Landwirtschaft und Forstwirtschaft S. 46 und S. 54). Im Allgemeinen wird aber davon ausge-

gangen, dass vor allem große, mobile Tiere sich relativ rasch an veränderte Bedingungen anpassen können. Wichtiger erscheint in diesem Zusammenhang die zukünftige Verbreitung ihrer Lebensräume.

Flora

In der Pflanzenwelt ist der Anstieg der Waldgrenze die am häufigsten genannte Auswirkung des Klimawandels. Diese Entwicklung wird bisher vor allem durch die weitläufige Brachlegung von ehemals genutzten Almflächen ausgelöst (6). In den wenigen Bereichen, wo die Waldgrenze nicht vom Menschen beeinflusst wird, ist ein klimabedingter Anstieg zwar bereits messbar, allerdings ist davon auszugehen, dass aufgrund der komplexen ökologischen Bedingungen an der Waldgrenze ein deutlicher Anstieg erst mit einer Verzögerung von mehreren hundert Jahren stattfinden wird. Vielmehr wird es zunächst zu einer Verdichtung des Baumbestands in den aktuell lückenhaften Waldgrenzbereichen kommen. Auch in den bestehenden Waldtypen ist von einer allmählichen Änderung der Baumartenzusammensetzung auszugehen (vgl. Kapitel Forstwirtschaft S. 54). Generell zeigt sich, dass die Vegetation in ihrem Anfangsstadium (Pioniervegetation, z.B. im Gletschervorfeld) bedeutend schneller auf veränderte Klimabedingungen reagiert als voll entwickelte



08



09

08 Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*). Foto: Thinkstock

09 Mosaikartige Pioniervegetation auf den Rückzugsflächen des Madatschferners/Trafoi. Foto: Georg Niedrist, EURAC

Vegetationsformen am Höhepunkt (Klimaxvegetation, z.B. alpine Urrasen). Hinweise dafür finden sich auch in einem weltweit angelegten Langzeit-Monitoring der Flora von Berggipfeln, aus der ein steter Zuwachs von Arten aus den darunterliegenden Höhenstufen hervorgeht (7).

Gerade im hochalpinen Bereich hängt eine Ausbreitung der Pflanzendecke aber maßgeblich von der Bodenentwicklung ab. Diese läuft im Hochgebirge auch bei etwas höheren Temperaturen immer noch langsam ab, sodass auch bei wärmeren Bedingungen mit einer verzögerten Reaktion von bis zu mehreren hundert Jahren ausgegangen wird (5). Eine relative rasche Änderung ist hingegen in den sog. Schneetälchen zu erkennen. Diese kleinstrukturierten Lebensräume sind gekennzeichnet von langer Schneebedeckung und einer dementsprechend angepassten Flora und Fauna. Durch die raschere Schneeschmelze im Frühsommer und die längere Vegetationsperiode wird es auch weniger spezialisierten Arten ermöglicht, in solche Habitate einzudringen und dort zu überleben.

Über 50 % der Hochgebirgspflanzen werden photoperiodisch gesteuert, d.h. ihre Entwicklung wird über die Tageslänge und nicht die Temperatur gelenkt (8). Das bedeutet, dass gerade diese Arten erst sehr spät auf eine Erwärmung reagieren können bzw. dann einen Wettbewerbsnachteil gegenüber temperaturgesteuerten Arten erfahren. Als mögliche Rückzugsgebiete bleibt diesen Arten ein Ausweichen nach oben oder aber eine Verlagerung ihres Wuchsortes etwa von der Sonnenseite auf die Schattenseite. Gerade das kleinräumige Gebirgsrelief dürfte es daher vielen Arten ermöglichen durch geringfügige Änderungen im Standort und damit der Exposition deutlich kühlere Verhältnisse vorzufinden (9). Das kleinräumige Gebirgsrelief könnte also den Temperatureffekt abmildern.

Der Einfluss des steigenden CO₂-Gehalts ist noch nicht restlos geklärt. Experimente mit erhöhten CO₂-Konzentrationen zeigen

nur geringe Biomassezuwächse. Allerdings konnte eine Verschiebung des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisses in den Pflanzen festgestellt werden. Dies bedeutet wiederum für die pflanzenfressenden Organismen, dass sie mehr Nahrung aufnehmen müssen, um ihren Proteinbedarf abdecken zu können (10). Im Vergleich zur beispielsweise erhöhten anthropogenen Stickstoffdeposition im alpinen Raum sind die zu erwartenden CO₂-Effekte aber relativ gering (11).

Zusammenfassend ist im Alpenraum und damit auch in Südtirol mit einer verzögerten Aufwärtsbewegung der Lebensräume zu rechnen. Es bleibt aber festzuhalten, dass auch in Zukunft menschliche Aktivitäten wie Ausdehnung des Siedlungsraums, Zerschneidung der Lebensräume durch Verkehrswege oder Intensivlandwirtschaft eine vielfach stärkere Auswirkung auf die Artenvielfalt haben werden als die zu erwartenden klimatischen Veränderungen.

Klimawandel und die Gesellschaft - Anfälligkeit, Anpassung, Klimaschutz

Wie anfällig menschliche Aktivitäten bzw. bestimmte Sektoren gegenüber dem Klimawandel sind, das soll der vorliegende Bericht untersuchen. Die Anfälligkeit eines Sektors oder Systems, in der wissenschaftlichen Literatur auch oft als „Vulnerabilität“ bezeichnet, hängt von drei Faktoren ab:

1. Wie stark ist dieser Sektor dem Klimawandel ausgesetzt?
2. Wie sensitiv ist der Sektor gegenüber dem Klimawandel zum jetzigen Zeitpunkt?

3. Welche zusätzlichen Anpassungsmaßnahmen existieren und wie hoch ist insgesamt die Anpassungskapazität an den Klimawandel?

Dabei lässt sich aus 1) und 2) ableiten, mit welchen potenziellen Auswirkungen auf einen Sektor zum heutigen Zeitpunkt ohne weitere Maßnahmen zu rechnen wäre. Die Anfälligkeit (Vulnerabilität) ergibt sich aus der Zusammenschau der potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität 3), mit diesen Auswirkungen umzugehen (vgl. Abbildung 10).

Ein Beispiel: Der Sektor Landwirtschaft ist dem Klimawandel stark ausgesetzt, da die Temperatur in Südtirol stark ansteigen wird. Der Sektor Landwirtschaft ist generell sehr sensitiv gegenüber dem Klimawandel, da die Eignung landwirtschaftlicher Kulturen stark vom Klima abhängt. Entsprechend hoch wären die poten-

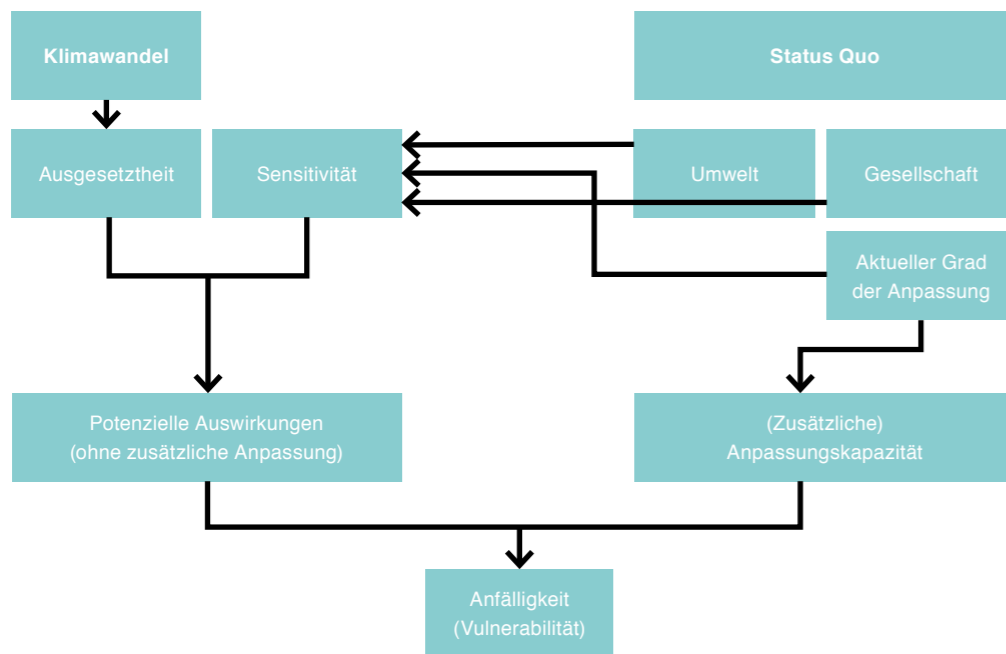
ziellen Auswirkungen. Allerdings ist durch die Möglichkeit, auf andere landwirtschaftliche Kulturen umzusteigen (z.B. von Grünland auf Apfel) auch die Anpassungskapazität hoch. Demnach ist die Anfälligkeit der Landwirtschaft nur mäßig. Da für die Sektoren die Auswirkungen der meisten klimatischen Extreme (z.B. Trockenperioden) nicht etwas generell Neues darstellen, sondern mit dem Klimawandel nur deren Häufigkeit und Intensität steigt, hilft für die Abschätzung der Anfälligkeit ein Blick in die Vergangenheit und in die Gegenwart (Status Quo) sehr. Ereignisse wie z.B. der Hitzesommer 2003 und dessen Folgen lassen erahnen, wie gut einzelne Sektoren auf den Klimawandel vorbereitet sind bzw. wie anfällig sie gegenüber dem Klimawandel sind. In den folgenden Kapiteln soll vor allem für die Sektoren Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energie, Forstwirtschaft, Naturgefahren

(Siedlung und Infrastrukturen), Tourismus und Gesundheit eine Bewertung der Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel durchgeführt werden, die folgende Aspekte berücksichtigt:

- Status Quo in Südtirol
- Klima- und Wettersensitivität des Sektors (generelle Erläuterung und Erfahrung aus der Vergangenheit)
- Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels (generell und speziell in Südtirol)
- Anpassungskapazität und Anpassungsoptionen (generell und speziell in Südtirol).

Die Einbeziehung der Anpassungskapazität in die Bewertung erlaubt auch schon auf Anpassungsoptionen hinzuweisen, bzw. Defizite in der Anpassung aufzuzeigen. Schließlich ist es auch ein Ziel dieses Berichts, die Entwicklung einer Anpassungsstrategie anzuregen und den Prozess der Anpassung vorzubereiten. Mehr zum Thema Anpassung und Anpassungsstrategie sind im entsprechenden Kapitel auf S. 88 enthalten.

Dabei soll aber nicht vergessen werden, dass Anpassung an den Klimawandel nur eine wichtige Strategie im Umgang mit dem Klimawandel ist. Die andere, ebenso wichtige lautet: Klimaschutz, das heißt die Vermeidung und Reduzierung der Emissionen von klimaschädlichen Gasen wie CO₂, Methan oder Lachgas. Hier ist Südtirol in der glücklichen Position, den weitaus größten Teil seines Strombedarfs aus Wasserkraft decken zu können. Kritischer ist dagegen das hohe Verkehrsaufkommen. Für den Klimaschutz werden zurzeit eigene Strategien entwickelt, wie zum Beispiel in dem Projekt „CO₂ neutrales Bozen“ (vgl. Infobox).



10



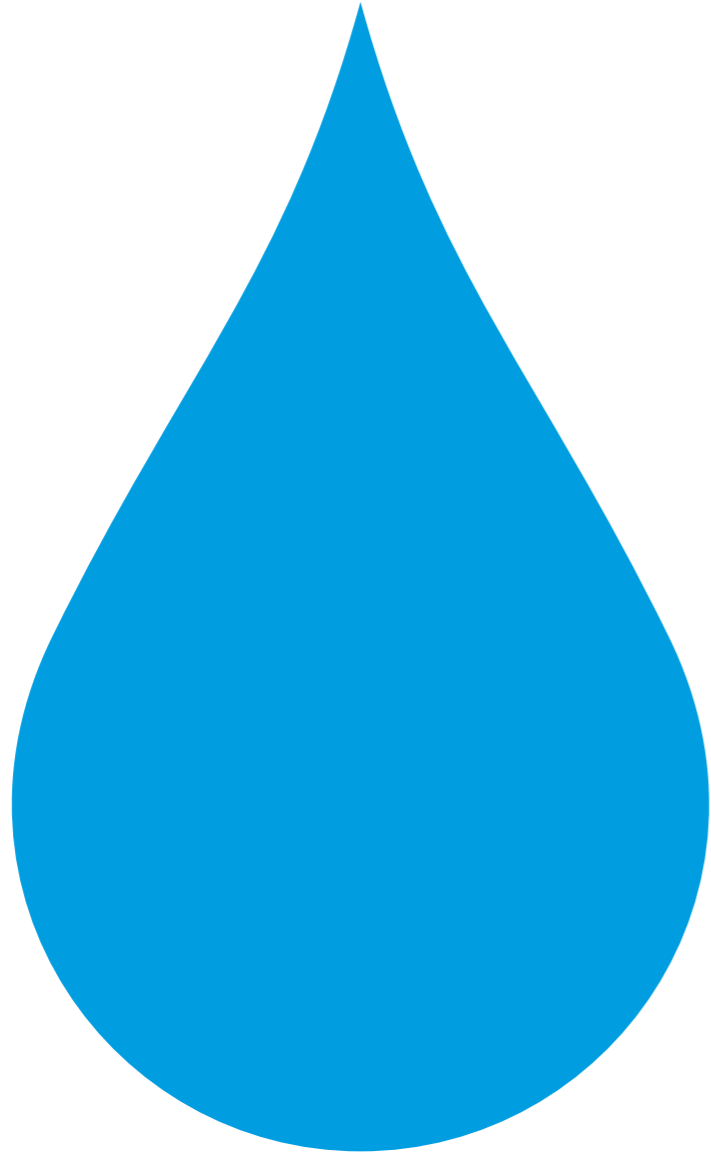
10 Faktoren, die zur Anfälligkeit beitragen: die Ausgesetztheit gegenüber dem Klimawandel, die Sensitivität und die zusätzliche Anpassungskapazität. Quelle: Marc Zebisch nach IPCC, 2007

CO₂ neutrales Bozen

Auf dem Klimagipfel in Kopenhagen ist man 2009 übereingekommen, dass künftig ein jeder Weltenbürger nicht mehr als zwei Tonnen CO₂ pro Jahr und Kopf produzieren sollte. Zurzeit liegen die Werte etwa für die Stadt Bozen bei 9,72 Tonnen, wenn man die CO₂-Emissionen der elektrischen Energie auf Basis des nationalen Strommixes betrachtet. Dies hat eine Berechnung des EURAC-Instituts für Erneuerbare Energien ergeben, die im Auftrag der Gemeinde Bozen durchgeführt wurde.

Nun hat sich Südtirols Hauptstadt zum Ziel gesetzt, die CO₂-Menge bis 2030 auf ein Fünftel zu reduzieren. In Zukunft wird das heißen, dass der Güter- und Personenverkehr reduziert und effizienter gestaltet werden muss. Er ist einer der drei Hauptverursacher für CO₂-Emissionen. Indem man bestehenden Baubestand in den Klimahaustandard B überführt, kann man weitere relevante Einsparungen erzielen. Der vermehrte Einsatz von erneuerbaren Energien, vor allem der Sonnenenergie, und die effiziente Einbindung des Verbrennungs-ofens durch ein weitläufiges Fernwärmenetz tragen ein Weiteres dazu bei. Nun sollen diese Maßnahmen in einen konkreten Aktionsplan für die kommenden Jahre übergeführt werden, der Bozen tatsächlich zur grünen Alpenstadt machen. Für die Stadt Brixen arbeiten die EURAC-Forscher aktuell an einer ähnlichen Studie.





wasser
wirt
schaft

Marc Zebisch
Alberto Pistocchi

In diesem Kapitel

Generell verfügt Südtirol über genügend Wasser, nur unterliegt es regionalen (der Westen ist generell trockener als der Osten) bzw. saisonalen Unterschieden (im Frühjahr und Sommer ist es knapper als im Winter). Es kann also lokal und zeitlich begrenzt auch heute schon zu Problemen mit der Wasserverfügbarkeit kommen. Und der Wasserbedarf steigt zunehmend, v.a. für Bewässerung, aber auch Schneeproduktion und Trinkwasser. Grundsätzlich ist die Wasserversorgung aus Oberflächengewässern anfälliger als aus dem Grundwasser. Während das Grundwasser Schwankungen in den Niederschlägen langfristig abpuffert und erst nach längeren Trockenperioden der Grundwasserspiegel merklich sinkt, geht der Wasserstand in Oberflächengewässern in trockenen Perioden unmittelbar zurück. Vor allem bei kleineren Flüssen kann dann der lokale Wasserbedarf nicht mehr gedeckt werden. Außerdem beeinflusst die Stromproduktion durch Wasserkraftwerke zusätzlich die Versorgung aus Oberflächengewässern. Daraus ergeben sich gewisse Konfliktpotenziale mit anderen Sektoren, etwa der Landwirtschaft, die aber in den letzten Jahren zunehmend gemeinsamen Lösungen weichen.

Als Anpassungsmaßnahmen kommen neben technischen Maßnahmen zur Wassereinsparung wie z.B. einer konsequenten Umstellung auf Tröpfchenberegnung, in der ein großes Potenzial zur Einsparung steckt, vor allem dem angepassten und vorausschauenden Wassermanagement Bedeutung zu. Vermehrt wird auch die gemeinsame Nutzung von Wasserspeichern für Landwirtschaft und Energienutzung diskutiert. Das funktioniert teilweise schon bei existierenden Anlagen. Das Potenzial für zusätzliche große Wasserspeicher ist dagegen begrenzt. Erstens fehlt es an Platz und zweitens würden sie ökologische Nebenwirkungen nach sich ziehen.

Wasser in Südtirol - Allgemeiner Zustand

Anmerkung: Die Fakten zu Wasser in Südtirol stammen, wenn nicht anders angegeben, dem Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen, der auf den Seiten der Provinz heruntergeladen werden kann: <http://www.provinz.bz.it/wasser-energie/wasser/entwurf-wassernutzungsplan.asp>

Wasser stellt einen der natürlichen Reichtümer Südtirols dar und ist gleichzeitig doch ein knappes Gut.

97 % der Landesfläche Südtirols gehört zum Einzugsgebiet der Etsch, nur kleinere Gebiete im Osten entwässern in die Drau bzw. in den Piave, kleinere Gebiete im Westen in den Inn. Das Wasser aus Südtirol stellt neben der Bedeutung für Südtirol eine wichtige Quelle für die Wasserversorgung des Veneto dar, insbesondere für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen.

Die Fließgewässer in Südtirol weisen ein über den Jahresverlauf sehr unterschiedliches Abflussverhalten auf, das von einem Niedrigwasser im Winter und einer hohen Wasserführung bei der Schneeschmelze im späten Frühjahr charakterisiert ist.

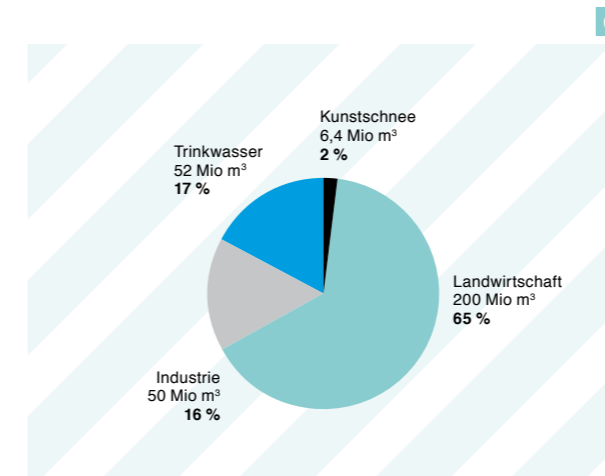
Viele Sektoren in Südtirol hängen unmittelbar vom Wasser ab. Der größte Wasserverbraucher ist die Landwirtschaft, gefolgt von der Industrie, der Trinkwassernutzung und der Kunstschneeproduktion (vgl. Abbildung 01). Der hohe Wasserbedarf der Landwirtschaft (ca. 170 Millionen m³) erklärt sich durch die Vielzahl bewässerter Flächen im Obst- und Weinbau sowie der Grünlandwirtschaft. Hier fällt der Wasserbedarf vor allem im Frühjahr und im Sommer an und wird sowohl aus Oberflächengewässern

als auch aus dem Grundwasser gedeckt. Hinzu kommt der Bedarf für die Frostberegnung der Obstanlagen. Für die Bewässerung ist eine erhebliche Infrastruktur (Bewässerungsanlagen, Speicherbecken) notwendig. Im Obst- und Weinbau wurde in den letzten Jahren viel in wassersparende Beregnungstechniken (Tröpfchenberegnung) investiert, trotzdem ist der Wasserbedarf aufgrund zunehmender Bewässerungsfläche eher gestiegen. Während der Wasserbedarf für die Industrie relativ konstant bleibt, hat der Wasserbedarf für Trinkwasser in den letzten Jahren zugenommen, was vor allem am gestiegenen Lebensstandard liegt (z.B. Wasser für Swimmingpools, Bewässerung von Gärten...) sowie am hohen Wasserverbrauch durch den Tourismus (doppelt so hoher Pro-Kopf-Verbrauch pro Tourist gegenüber Bevölkerung). Obwohl der Wasserbedarf für die Kunstschneeproduktion im Verhältnis zu den anderen Nutzungsformen relativ gering ist, ist er schwierig zu decken und ebenfalls im Steigen begriffen. Das liegt zum einen daran, dass der höchste Wasserbedarf für die Schneeproduktion von Ende November bis Dezember in die Zeit mit dem geringsten Wasserangebot in den Oberflächengewässern fällt, zum anderen daran, dass in den Skigebieten aufgrund der höheren Lage kaum ausreichend wasserführende Oberflächengewässer oder natürliche Wasserspeicher vorhanden sind. Deshalb wurde in den letzten Jahren viel in Speicherbecken investiert, wobei sich die Standortsuche nicht immer einfach erweist und der Bau der Speicherbecken und ihrer Infrastruktur einen erheblichen ökologischen Eingriff in die empfindlichen Ökosysteme der Gebirge darstellt.

Ein weiterer Sektor, der stark auf Wasser angewiesen ist, ist der Energiesektor. Über 90 % des Stroms in Südtirol wird durch Wasserkraft erzeugt und teilweise auch in andere Regionen exportiert. Allerdings „verbrauchen“ Wasserkraftwerke das Wasser nicht im eigentlichen Sinne. Es wird zurückgehalten und zeitversetzt wieder freigegeben. Die dadurch hervorgerufenen Schwankungen in der Wasserführung der Flüsse verursachen aber nicht nur ökologische Probleme, sondern führen auch zu Konflikten mit anderen Wassernutzern, insbesondere der Landwirtschaft. Lokal kommt es in letzter Zeit (u.a. im Vinschgau) zu Lösungen, in denen Vereinbarungen zwischen Landwirtschaft und Wasserkraftwerksbetreibern zur Nutzung von Wasser in Zeiten mit hohem Bedarf (Frostberegnung, Trockenheit) getroffen werden. Insgesamt ist in Südtirol der Wasserbedarf aller Nutzer in den letzten Jahrzehnten angestiegen. Die Wassernutzung für alle Sektoren ist durch den Wassernutzungsplan und ein System von Konzessionen geregelt. Dabei wird der Trinkwasserversorgung und der Landwirtschaft oberste Priorität zugeordnet, andere Nutzungen (z.B. Wasserkraft, Kunstschneeproduktion) sind ihnen nachgeordnet. Im neuen Wassernutzungsplan ist insbesondere für die Landwirtschaft und Beschneidung bereits ein gesteigerter Wasserbedarf eingeplant.

ABB

01 Anteil unterschiedlicher Verbraucher an der Wassernutzung.
Quelle: Wassernutzungsplan Autonome Provinz Bozen



☁ Sensitivität gegenüber Wetter und Klima

Prinzipiell beeinflussen Wetter und Klima stark das Wasserangebot und zum Teil auch den Wasserbedarf.

Entscheidend für das Wasserangebot ist dabei die räumliche und zeitliche Verteilung der Niederschläge in Südtirol. Insgesamt kann vor allem der Westen Südtirols durchaus als trockene Region bezeichnet werden (vgl. Box Klima in Südtirol S. 19). Dass dies schon länger so ist, und der Mensch gelernt hat, damit umzugehen, belegt das Jahrhunderte alte Bewässerungssystem der Waale, das Schmelzwasser von Schnee und Gletschern aus den hohen Lagen in die trockenen Talregionen führt. Auch fallen die Niederschläge von Jahr zu Jahr und Saison zu Saison unterschiedlich aus. Vor allem in den frühen Sommermonaten kam es in den letzten zehn Jahren immer wieder zu lang anhaltender Trockenheit (z.B. 2003-2006) verbunden mit hohen Temperaturen, die zum Teil zu Ernteeinbußen in der Landwirtschaft führten und merkliche (ca. –10 %) Einbußen für die Wasserkrafterzeugung mit sich brachten.

Ein weiterer Faktor ist die Wasserversorgung durch Schmelzwasser von Schnee und Gletschern. Schnee und Gletscher spielen eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt der Region und wirken wie ein natürlicher Wasserspeicher, der Wasser im Winter (in Form von Schnee und Eis) speichert und im Frühjahr und Sommer wieder freigibt. (vgl. Kapitel Auswirkungen des Klimawandels S. 22)

Das Abschmelzen der Alpengletscher, das auch in Südtirol zu beobachten ist, führt im Moment noch zu einem Plus in der Wasserversorgung im Sommer. Vor allem in heißen, trockenen Sommern wie 2003 stammt ein großer Teil des Wassers von schmelzenden Gletschern. Allerdings verhält es sich hier wie mit einem Bankkonto, das man plündert. Im Moment profitieren wir von der Gletscherschmelze, aber auf Kosten der Vorräte, die bereits bis 2050 zum Teil verschwunden sein werden.

Schnee als Speicher ist starken Schwankungen unterworfen. Zum einen sind die Winter in Südtirol oft niederschlagsarm, sodass wenig Schnee als Speicher für den Sommer bleibt, zum anderen verschieben warme Temperaturen die Niederschläge von Schnee nach Regen. Insgesamt ist die Bedeutung von Schnee als Speicher eher noch höher als die der Gletscher.

Wie sehr die Wasserversorgung wetter- und klimabedingten Schwankungen unterworfen ist, hängt stark davon ab, ob Wasser aus Oberflächengewässern oder dem Grundwasser entnommen wird. Während Oberflächengewässer direkt auf hohe oder ausbleibende Niederschläge, Schmelzwasser usw. reagieren, stellt das Grundwasser einen natürlichen Speicher dar, der solche Extreme über Jahre hinweg abpuffert. Zudem unterliegen Oberflächengewässern starken Wasserstandschwankungen aufgrund von Wasserkraftnutzung. Die Wasserversorgung aus dem Grundwasser ist somit weniger anfällig gegenüber Wetter und Klima. Lange Trockenperioden führen aber auch hier zu einem allmähli-

chen Absenken des Grundwasserspiegels, der sich bisher in niederschlagsreicheren Perioden wieder aufgefüllt hat. Auch der Wasserbedarf hängt zum Teil von Wetter und Klima ab, vor allem in der Landwirtschaft (vgl. Kapitel Landwirtschaft S. 46). In den letzten Jahren ist der Wasserbedarf der Landwirtschaft aufgrund einer Vergrößerung der bewässerten Fläche angestiegen. Die in den letzten Jahren vermehrt auftretende Trockenheit hat zu einer Ausweitung der Bewässerung in den Grünlandgebieten geführt, oft in Gebieten, die bisher ohne Bewässerung auskamen (z.B. im Pustertal). Des Weiteren werden ehemalige unbewässerte Grünlandflächen in bewässerte Obstanbauflächen umgewandelt. Diese Umwandlung ist vielerorts erst durch die Erwärmung der letzten Jahrzehnte möglich geworden. In Südtirol beträgt der Gesamtbedarf für die Bewässerung der landwirtschaftlichen Kulturen, im Zeitraum zwischen April und Oktober verteilt, im Mittel 170 Millionen m³ Wasser pro Jahr. Besonders kritisch ist die Wasserversorgung der Landwirtschaft in der Periode April bis Mai. Dort ist der Bedarf mit Beginn der Vegetationsperiode hoch, das Angebot aber noch niedrig. In der Vergangenheit hat es in dieser Periode immer wieder Wasserknappheit gegeben. Eine besondere Art des wetterabhängigen Wasserbedarfs in der Landwirtschaft stellt die Frostberegnung der Obstanbauflächen dar. Der entsprechende Wasserbedarf ist hoch und beträgt im Mittel etwa 30 Millionen m³ pro Jahr. Laut Wassernutzungsplan wird in den nächsten Jahren mit einer Ausweitung des Wasserbedarfs für Bewässerung auf 195 Millionen m³ und für Frostberegnung auf 38 Millionen m³ gerechnet. Unabhängig von der Art der Nutzung ist der Wasserbedarf in der Landwirtschaft direkt von den Temperaturen abhängig. Hohe Temperaturen führen zu starker Verdunstung durch die Pflanzen und erhöhen so den Bedarf für Bewässerung. Neben der Landwirtschaft hängt der Wasserbedarf für die Kunstschneeerzeugung unmittelbar von Wetter und Klima ab. Schneearme Winter und steigende Temperaturen erhöhen den Bedarf.

☁ Zukünftige Entwicklung und Auswirkungen des Klimawandels

Die Klimaszenarien für Südtirol deuten auf weiter steigende Temperaturen hin, wodurch der Wasserverlust durch Verdunstung im Sommer steigt, was mehr „grünes Wasser“ (in der Vegetation) und weniger „blaues Wasser“ (in den Flüssen) zur Folge hat. Die Entwicklung der Niederschläge ist dagegen noch unklar, wobei vieles darauf hindeutet, dass in Zukunft die Niederschläge weniger gleichmäßig verteilt werden (mehr Starkniederschläge, mehr Trockenperioden). Höhere Temperaturen im Winter bewirken mehr

02 ABB

Über 90 % des Stroms in Südtirol wird durch Wasserkraft erzeugt und teilweise auch in andere Regionen exportiert. Die Stromproduktion beeinflusst die Versorgung aus Oberflächengewässern, was mitunter Konfliktpotenzial mit anderen Sektoren mit sich führt. Foto: Marc Zebisch, EURAC

Regen und weniger Schnee im Winter und damit weniger Schmelzwasser im Sommer.

In der Summe muss damit gerechnet werden, dass das Wasserangebot im Winter zunimmt und im Sommer abnimmt (Zunahme im Winter um bis zu +135 % und Abnahme im Sommer um bis zu –40 % bis 2100, vgl. Kapitel Auswirkungen S. 22). In dieser Hinsicht können die trockenen Jahre 2003-2006 und ihre Auswirkungen durchaus als Stellvertreter für die zukünftige Entwicklung angesehen werden. In diesen Jahren kam es neben Wassermangel bedingter Ernteauffälle (vor allem im Bereich Grünland) vereinzelt sogar zu Knappheit in der Trinkwasserversorgung. Vor allem kleinere Quellen, die für die Wasserversorgung der Berglandwirtschaft von Bedeutung sind, fielen trocken, an kleineren Gewässern konnten die Konzessionen nicht mehr ausgeschöpft werden, was zu Nutzungskonflikten führte.

Mit dem Andauern der Gletscherschmelze und dem langsamen Verschwinden der meisten Südtiroler Gletscher in den nächsten Jahrzehnten wird sich auch der bis jetzt positive Effekt von zusätzlichem Schmelzwasser hin zu weniger Schmelzwasser im Som-

mer wenden. Diesem Rückgang der Wasserverfügbarkeit im Sommer steht eine deutlich Zunahme des Wasserbedarfs, vor allem im Bereich Landwirtschaft, gegenüber, der ebenfalls zum Teil durch den Klimawandel bedingt ist. Aus diesem Zusammenspiel von sinkendem Angebot und steigendem Bedarf ergeben sich potenzielle Engpässe in der Wasserversorgung, vor allem in den Regionen, die bisher keine Bewässerungsmöglichkeiten aufweisen sowie in den jetzt schon trockenen Regionen Südtirols. Weitere mögliche Auswirkungen betreffen die Wasserqualität. Seen werden durch die Erwärmung beeinflusst, die mit verstärktem Algenwachstum einhergehen kann. Aber auch der Fischbestand in Seen und Flüssen kann empfindlich auf steigende Temperaturen reagieren. Starkregenereignisse nach langen Trockenperioden können in den Städten zur verstärkten Verschmutzung des Abwassers durch akkumulierte Schadstoffe führen. Durch das Auftauen des Permafrosts in den höheren Lagen wurde vereinzelt die Mobilisierung des Schwermetalls Nickel beobachtet. Untersuchungen dieses Phänomens werden vom Amt für Geologie durchgeführt.

02





03



04

ABB

03 Die in den letzten Jahren vermehrt auftretende Trockenheit hat zu einer Ausweitung der Bewässerung in den Grünlandgebieten geführt, oft in Gebieten, die bisher ohne Bewässerung auskamen. Foto: Marc Zebisch, EURAC

04 Während das Grundwasser Schwankungen in den Niederschlägen langfristig abpuffert und erst nach längeren Trockenperioden der Grundwasserspiegel merklich sinkt, geht der Wasserstand in Oberflächengewässern in trockenen Perioden unmittelbar zurück. Foto: Marc Zebisch, EURAC

05 Am Etschdialog beteiligte Gebiete des Oberen Vinschgaus. Quelle: Etschdialog

☁ Anpassung

Mögliche Anpassungsmaßnahmen umfassen vor allem drei Strategien:

- Wassersparen und Verringerung von Nutzungskonflikten,
- Wasserrückhalt durch zusätzliche Speicher,
- verbesserte Vorhersage und Monitoring von Wasserverfügbarkeit sowie angepasstes Wassermanagement.

Auch wenn in Südtirol in vielen Bereichen (Obstbau, Kunstschneeherzeugung) zunehmend moderne wassersparende Technik zum Einsatz kommt und zum Teil sogar in Südtirol entwickelt wird, hat der Wasserbedarf insgesamt zugenommen und wird vermutlich auch weiter zunehmen (entsprechend der Planung im Wassernutzungsplan). Durch die vollständige Umstellung auf Tröpfchenberegnung im Obstbau ist hier noch ein großes Einsparungspotenzial vorhanden. Allerdings ist in Zukunft nicht nur auf technische Maßnahmen zu setzen, sondern auch die Sinnhaftigkeit von zusätzlichen Konzessionen bzw. der Art der Wassernutzung zu hinterfragen. So steht z.B. die Praxis eines festgelegten Bewässerungsturnus (tageweise Nutzung durch einen Nutzer) einer bedarfsgesteuerten Nutzung entgegen.

Im Bereich Trinkwasser lassen sich allein durch eine bessere Wartung von Trinkwasserleitungen bereits Einsparungen bewerkstelligen. Des Weiteren sollten Wassersparmaßnahmen im Bereich privater Haushalte gefördert werden (z.B. Brauchwassernutzung). Dem Wassersparen ist gegenüber dem Bau zusätzlicher Speicher Vorrang einzuräumen.

Wasserrückhalt durch zusätzliche Speicher wird nicht nur aufgrund des gesteigerten Wasserbedarfs, sondern auch aufgrund

des Rückgangs der natürlichen Speicher Schnee und Gletscher, die bisher Winterniederschläge für den Sommer speicherten, wichtig werden. Allerdings ist das Potenzial für solche zusätzlichen Speicher begrenzt, da es nicht ausreichend geeignete Orte für den Bau von Speichern gibt, und er mit negativen ökologischen Auswirkungen einhergehen würde.

Eine intelligente Methode, Wasser zu sparen und effizienter zu nutzen, ist der Ausbau von Vorhersage- und Monitoringsystemen und die bedarfsgerechte Steuerung von Wasserverbrauch. Ein Beispiel wäre bedarfsgesteuerte Bewässerung, die nur in Betrieb genommen wird, wenn die Bodenfeuchte unter ein kritisches Maß fällt oder eine Trockenperiode vorhergesagt wird. Darüber hinaus sind politische Initiativen zur Abstimmung von Wassernutzern ein geeignetes Mittel, um Nutzungskonflikte und ökologisch negative Auswirkungen in Zukunft zu mildern. Ein hervorragendes Beispiel sind Flussgebietsinitiativen wie zum Beispiel der von der Provinz Bozen angeregte Etsch-Dialog (vgl. Infobox). Auch in die potenziellen Konflikte zwischen Kraftwerksbetreibern und der Landwirtschaft ist Bewegung gekommen. Teilweise verzichtet die Landwirtschaft auf die Ausnutzung ihrer Konzessionen in Zeiten mit ausreichend Niederschlägen, sodass der Wasserenergie mehr Wasser zur Verfügung steht. Im Gegenzug stellen die Kraftwerksbetreiber den Landwirten Wasser in Zeiten von hohem Bewässerungsbedarf (Frostberegnung, Trockenheit) zur Verfügung. Solche Win-Win Situationen könnten im Bereich Wassersparen in Zukunft öfter geschaffen werden. Generell sollte die Politik des Wassersparens oberstes Ziel werden und die zum Teil noch vorherrschende Politik der Sicherung des steigenden Wasserbedarfs ablösen.

05

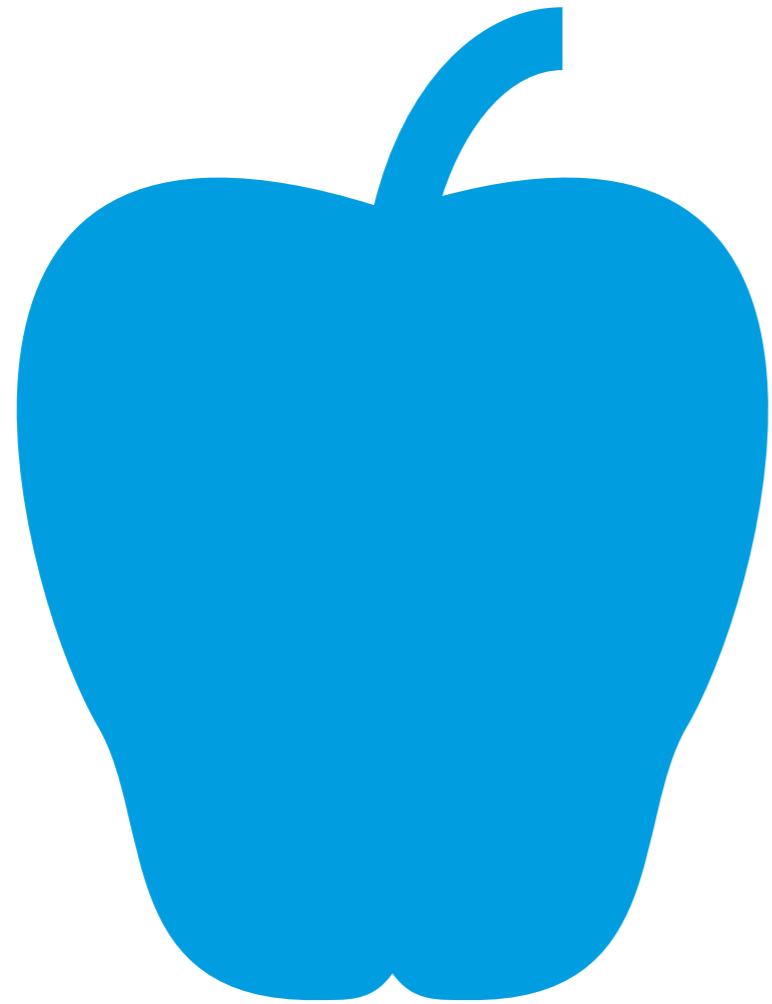


Etsch-Dialog

Die Initiative Etsch-Dialog zielt darauf ab, das 3.634 ha umfassende Etschgebiet zwischen Glurns und Laas zusammen mit Bevölkerung, Gemeinden und den unterschiedlichsten Interessensverbänden in einen ganzheitlichen Gleichgewichtszustand zu bringen. Der Etsch-Dialog verwandelt das Leben am Fluss in mehr Sicherheit, mehr Raum, mehr Wasser und mehr Ökologie.

Das geschieht zum einen über die fachliche Arbeit von Experten, zum anderen durch das Miteinbeziehen aller Akteure und der Bevölkerung des Oberen Vinschgaus. Wissenschaftliche Studien, Expertentreffen, Schulaktionen, Diskussionsrunden, Informationsveranstaltungen und Kommunikationskanäle machen den Etsch-Dialog zur Plattform für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen in den nächsten 15-20 Jahren. Die Ergebnisse und die Weiterentwicklungen der Etsch im Oberen Vinschgau sollen für die nächsten 100 bis 200 Jahre Bestand haben.

Entnommen aus
<http://www.etschdialog.it/de/index.php>



land
wirt
schaft

Georg Niedrist
Erich Tasser
Ulrike Tappeiner

In diesem Kapitel

Die Landwirtschaft hat sich bisher gut an klimatische Verhältnisse angepasst. Die Intensivlandwirtschaft in Südtirol ist bereits gegenwärtig auf künstliche Bewässerung angewiesen, was sich unter den zu erwartenden Klimaveränderungen als Schwachpunkt erweisen kann. Außerdem kann es aufgrund steigender Temperaturen zur verfrühten Blüte und Reife kommen, die wiederum die Fruchtqualität in Obst- und Weinbau beeinträchtigen. In der Grünlandwirtschaft ist mit gesteigerten Erträgen zu rechnen, im Falle einer unzureichenden Wasserversorgung hingegen mit einem Anstieg der Trockenschäden. Es ist eine steigende Belastung durch Schadinsekten zu erwarten. Bei Schadpilzen sind die Prognosen noch unsicher. Anpassen kann sich die Landwirtschaft durch effizientere Bewässerungssysteme und verbesserte Bodenbearbeitung. In der Sortenwahl ist eine Anpassung hin in Richtung spät reifender und trockenresistenter Sorten empfehlenswert. Der Aufwand im Pflanzenschutz wird sich in Zukunft erhöhen. Eine zentrale Datenbank über klimabedingte Schäden in der Landwirtschaft sollte angedacht werden.

☁ Allgemeiner Zustand

Kaum ein anderer Sektor ist so unmittelbar mit Witterung und Klima verbunden wie die Landwirtschaft. Bereits kleine Veränderungen in Temperatur und Niederschlagsverteilung wirken sich direkt auf Ertrag, Qualität und Wertschöpfung der Landwirtschaft aus. In den kleinstrukturierten Anbauregionen im Alpenraum hat sich die Landwirtschaft dennoch im Laufe der Zeit immer wieder gut an die klimatischen Veränderungen angepasst.

In Südtirol wird mit 267.000 ha ca. ein Drittel der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Ein Großteil davon entfällt auf Dauergrünland (89 %) gefolgt von Apfelanbau (7 %), Weinbau (2 %) und Ackerbau (2 %) (1).

Im Gegensatz zu einigen Gegenden des Alpenraums, wo die Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten aufgrund des sozioökonomischen Strukturwandels flächendeckend zusammengebrochen ist (2), war der Rückgang der Landwirtschaft in Südtirol dank gezielter Förderungen weniger stark ausgeprägt. Allerdings sind auch hier der Anteil am Bruttoinlandsprodukt (4,1 %) und die Anzahl der in der Landwirtschaft beschäftigten Personen (6,7 %) im Rückgang begriffen (3).

Gemeinsam mit den ökonomischen Anforderungen des globalen Markts stellen die zu erwartenden Klimaveränderungen eine zusätzliche Herausforderung für die Landwirtschaft dar. Das System erscheint zwar aufgrund seiner Struktur und der Erfahrung im

Umgang mit Klimaextremen relativ robust, dennoch: es ist in Zukunft mit veränderten Bedingungen zu rechnen, die eine gezielte Anpassung und Flexibilität erfordern.

☁ Mögliche Auswirkungen

Im Hinblick auf den Klimawandel wird die zentrale Herausforderung für die zukünftige Landwirtschaft in Südtirol die **Wasserverfügbarkeit** sein. Wasser ist schon heute als existenzielle Grundlage für Intensivkulturen begrenzt verfügbar. Auch bei gleichbleibender jährlicher Niederschlagsmenge ist durch die steigende Verdunstung und frühere Schneeschmelze bei höheren Temperaturen mit noch knapperer Wasserverfügbarkeit zu rechnen. Es wird also ein noch effizienterer Umgang mit dieser Ressource notwendig werden. Ein großer Teil der Intensivkulturen wird bereits jetzt bewässert, speziell im Süden und Westen des Landes. Insbesondere der Apfelanbau ist auf eine zusätzliche Bewässerung angewiesen. Es werden praktisch alle Anlagen zusätzlich bewässert. Bei extremer Witterung wie langer Trockenheit oder vielen aufeinanderfolgenden Frostnächten kam es dort, wo das Wasser dem Grundwasserspiegel entnommen wird, in der Vergangenheit immer wieder zu deutlichen Absenkungen des Grundwasserspiegels (4). Es ist

01



ABB

01 Grünlandwirtschaft an klimatischen Extremstandorten (St. Martin am Kofel, Vinschgau). Foto: Georg Niedrist, EURAC

davon auszugehen, dass sich solche Ereignisse häufen und damit in Zukunft tiefere Brunnenbohrungen notwendig werden. Weniger anfällig gegenüber Trockenheit ist der Weinbau. Es zeichnet sich jedoch ab, dass abgesehen von Junganlagen auch bei älteren Anlagen immer häufiger eine zusätzliche Bewässerung notwendig sein wird.

Über die Entwicklung von Trockenschäden in der Grünlandwirtschaft liegen keine verlässlichen Kennzahlen vor, da es in Südtirol bis jetzt keine jährlich vergleichbaren Erhebungen gab. Allerdings haben sich in den letzten zehn Jahren Kompensationszahlungen für Trockenschäden und entsprechende Ansuchen hierfür auffallend gehäuft (mündliche Mitteilung, Amt für Landwirtschaftsdienste). Dabei kommt es vermehrt auch zu Schadensmeldungen aus der an und für sich feuchteren östlichen Landeshälfte, wo noch relativ wenige Grünlandflächen zusätzlich bewässert werden.

Höhere Temperaturen in der Vegetationsperiode wirken sich grundsätzlich positiv auf das Wachstum von Pflanzen aus, haben aber vor allem im Obst- und Weinbau auch unerwünschte Effekte. Der Anstieg der Temperaturen (Minimal- wie Maximaltemperaturen) führt zu einer signifikanten Verfrühung von Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen (Phänologie). Im Weinbau haben sich Austrieb und Ernte nicht nur in Südtirol sondern in vielen größeren Weinanbauregionen der Welt um 1-2 Wochen nach vorne verschoben (5). Eine frühere Lese wirkt sich aufgrund der höheren Temperaturen negativ auf Traubenqualität und Hefeentwicklung aus. Darüberhinaus weist die Entwicklung in Richtung höherer Mostgewichte (höherer Alkoholgehalt) und stärkerem Säureabbau in den Trauben (6/7), ein Umstand der vor allem bei qualitativ hochwertigen Weißweinen problematisch ist. Auch im Apfelanbau sind ein verfrühter Austrieb und vorgezogene Ernten nachweisbar. Vor allem die steigenden Nachttemperaturen

und die geringeren Unterschiede im Tagesgang wirken sich negativ auf Fruchtqualität und Lagerfähigkeit aus (4). In Kombination mit milden Wintern besteht bei Apfelbäumen zusätzlich das Risiko, dass die winterliche Ruhephase (Dormanz) frühzeitig unterbrochen wird und es zu einem verfrühten und unregelmäßigen Blühaustrieb kommt (8/4). Hinsichtlich Spätfrösten zeigen Untersuchungen, dass die Pflanzen etwas verzögert auf die Erwärmung reagieren und damit das tatsächliche Spätfrostisiko zurückgegangen ist (9). Relativ hoch bleibt das Risiko in den klimatischen Grenzzonen des Apfelanbaus wie z.B. dem Oberen Vinschgau.

Für die Grünlandwirtschaft werden durch eine Temperaturerhöhung grundsätzlich positive Auswirkungen erwartet (10). Versuche im Oberen Vinschgau haben gezeigt, dass sich eine längere Vegetationsperiode und höhere Durchschnittstemperaturen vor allem in Höhen zwischen 1500 und 2000 m positiv auf den Ertrag auswirken und bei günstigen Bedingungen sogar einen zusätzlichen Schnitt ermöglichen (Details siehe Infobox S. 53). Generell erweisen sich Zweischnittwiesen stabiler gegenüber längeren Trockenphasen als Drei- und Mehrschnittwiesen, die durch die intensivere Nutzung höherem Stress ausgesetzt sind (11). Längere Schönwetterphasen begünstigen außerdem die Erntebedingungen und wirken sich positiv auf die Futterqualität aus. Voraussetzung dabei ist aber immer eine ausreichende Wasserversorgung, da höhere Temperaturen und längere Trockenphasen zwangsläufig zu höherer Verdunstung führen, die mit künstlicher Bewässerung kompensiert werden muss.

Ein weiterer Aspekt der Klimaveränderung ist der **Anstieg von Kohlendioxid** (CO_2) in der Atmosphäre. Im Vergleich zu den vorher beschriebenen Auswirkungen ist der Einfluss des steigenden CO_2 auf die Landwirtschaft aber als relativ gering einzustufen. Mehr CO_2 -Angebot führt bei sog. C3-Pflanzen (zu denen die meis-

02



Montiggel: Lese im Flutlicht

Montiggel – Die Hitze setzt den Trauben zu und gefährdet die Weinqualität. So haben es einige Häusern in Montiggel den Sizilianern nachgemacht und sind gestern Abend bei Flutlicht ins Weingut gefahren. Die halbe Nacht hindurch wurde gewinnt – eine Premiere für Südtirol. Bericht auf Seite 9

ABB

02 Mediengag mit ernst zu nehmendem Hintergrund: Berichterstattung über eine nächtliche Weinlese aufgrund der hohen Temperaturen im Jahr 2003. Quelle: „Dolomiten“/Bildarchiv Manfred Waldthaler

03



ABB

03 Trockenschäden im Pustertal, Sommer 2010, am zweiten Schnitt (La Val/Wengen, oben) und an Mais (Kiens, unten). Foto: Georg Niedrist, EURAC

ten Pflanzenarten zählen) zu verbesserten Photosyntheseraten und damit zu einem leichten Ertragszuwachs (12/13). Vor allem Leguminosen scheinen von einem verbesserten CO₂-Angebot zu profitieren (14). Im Vergleich zu den Ertragszuwächsen durch Züchtungserfolge bleiben diese Auswirkungen jedoch marginal. Voraussetzung bleibt aber eine ausreichende Wasserverfügbarkeit. Der Sommer 2003 hat gezeigt, dass ein leichter Biomassezuwachs deutlich von Trockenschäden überlagert wird (15). Mais hingegen kann aufgrund seiner Physiologie als C4-Pflanze keinen Nutzen aus dem erhöhten CO₂-Angebot ziehen.

Bezüglich **Hagelschlag** lassen sich weder in Südtirol noch in anderen Anbaugebieten Europas signifikante Trends erkennen. Eine Auswertung der von Hagel betroffenen Fläche in Südtirol der letzten Jahrzehnte lässt unter Berücksichtigung der zunehmenden Anbaufläche keine Rückschlüsse auf einen etwaigen Anstieg der Intensität zu. Ebenso wenig ist ein Zusammenhang zwischen der von Hagel betroffenen Flächen und hohen Sommertemperaturen haltbar (16). Bei den Schäden durch Sonnenbrand an Äpfeln ist hingegen ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen, der auf die steigende Zahl an Sonnenstunden in den letzten 35 Jahren zurückzuführen ist (4).

Neben direkten physikalischen Auswirkungen der veränderten Umweltbedingungen ist mit einem Anstieg von indirekten Beeinträchtigungen der Landwirtschaft durch **Schadorganismen** zu rechnen. Wie in der Forstwirtschaft führt eine längere Vegetationsperiode bei höheren Temperaturen zu günstigen Wachstumsbedingungen für Schadorganismen und deren Überträgern (Vektoren). Dies führt am Beispiel des Apfelwicklers zu früheren und schnelleren Generationszyklen und damit einem stärkeren Befallsdruck (17). Im Weinbau bereitet vor allem das neue Auftreten der Amerikanischen Rebkade (*Scaphoideus titanus*) Sorgen, die als Hauptvektor der goldgelben Vergilbung (*Flavescence dorée*) gilt. Bei Schadpilzen ist noch kein klarer Trend erkennbar. Höhere Temperaturen begünstigen zwar die Entwicklung und Sporenbildung bei Pilzen wie Peronospora oder Schorf, allerdings ist bei längeren Trockenperioden eine leichte Entlastung denkbar. Insgesamt wird sowohl bei Pilzkrankheiten als auch bei bakteriellen Erregern wie dem Feuerbrand in Abhängigkeit von längeren Trockenphasen mit einem leicht abnehmenden Krankheitsdruck gerechnet. Jedoch werden aufgrund der höheren Temperaturen auch die Schwankungen und damit die Anzahl an schweren Infektionen zunehmen (4/18).

Anpassung

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass sich die Landwirtschaft an moderate Klimaveränderungen anpassen kann. Als problematischer wird vielmehr die Entwicklung der Extremereignisse bewertet (10). Eine grundlegende Anpassungsmaßnahme in Südtirol ist die ausreichende Versorgung aller Kulturen mit Wasser. Da zu erwarten ist, dass die Verfügbarkeit von Wasser in Zu-

04

 ABB

04 Großflächige Umstellung der Beregnung im Oberen Vinschgau: Vorbereitung auf den kommenden Obstanbau? Foto: Georg Niedrist, EURAC



kunft zunehmend eingeschränkt ist, sind weitere Anstrengungen sowie ein kontinuierliches Monitoring erforderlich. Die aktuelle Verteilung der Bewässerungssysteme im Obstbau sieht derzeit wie folgt aus: Erst knapp 24 % der Anbauflächen sind bisher mit einer Tropfberegnung ausgestattet, über 70 % der Flächen verfügen ausschließlich über eine Überkronen-Bewässerung. Die Tendenz der letzten Jahre weist zwar auf eine Verbesserung der Situation hin, allerdings ist das Optimum hier noch nicht erreicht (schriftliche Mitteilung Beratungsring für Obst- und Weinbau). Neben den direkten Maßnahmen für den effizienten Umgang mit Wasser sind weitere Anpassungsmaßnahmen denkbar wie beispielsweise der Einsatz von trockenresistenten Unterlagen im Weinbau oder neuen Methoden in der Bodenbearbeitung (19). Gegen weitere direkte Witterungseinflüsse werden unter anderem Hagelnetze als doppelter Schutz vor Hagel und Sonnenbrand empfohlen (4).

Sowohl für den europäischen Obst- als auch für den Weinbau erwarten Experten aufgrund des Klimawandels eine Ausbreitung der Anbaufläche nach Norden hin. Auch in Südtirol ist diese Entwicklung zu beobachten, vor allem im Oberen Vinschgau. Aufgrund des Strukturwandels in der Landwirtschaft und finanzieller Vorteile hat sich der Obstanbau Richtung Reschen ausgebreitet und ist heute bereits bei Mals angekommen. Der nachweisliche Temperaturanstieg in dieser Region begünstigt diese Entwicklung.

Allerdings ist das Vordringen in diese Randbereiche eines möglichen Obstbaus auch mit einer steigenden Anfälligkeit gegenüber Frosttrocknis und Spätfrösten verbunden (20). In den aktuellen Anbaugebieten gehen Experten langfristig von einer grundlegenden Sortenverschiebung hin in Richtung neuer spätreifender Sorten aus (z.B. Pink® oder Fuji im Apfelanbau, 8/5/15). In Südtirol wird die Sortenfrage gegenwärtig allerdings weniger von den Klimaprognosen als vielmehr von den jeweils herrschenden Marktbedingungen bestimmt (mündliche Mitteilung Beratungsring für Obst- und Weinbau). Als Alternative dazu wird sowohl im Apfelanbau als auch im Weinbau zunehmend über verschiedene Methoden der Reifeverzögerung nachgedacht, um den Erntezeitpunkt im kühleren Herbst beizubehalten (verschiedene Ausdünnungs- und Bodenbearbeitungsmaßnahmen, 19). In der Grünlandwirtschaft gibt es erste Anpassungsschritte in Form von speziell trockenresistenten Ansaatmischungen.

Der zu erwartende Klimawandel ist zwangsläufig mit erhöhten Kosten verbunden. Dies zeigen Studien aus Deutschland, wo für den Apfelanbau bis zum Jahr 2010 durchschnittlich zwischen 1000 und 1500 Euro pro Hektar an zusätzlichen Kosten durch den Klimawandel prognostiziert wurden (8). Insgesamt ist aber zu erwarten, dass die zukünftige EU-Agrarpolitik sowie die Erfordernisse des globalen Markts die Landwirtschaft weit mehr beeinträchtigen werden als die Auswirkungen des Klimawandels.

Klimawandel im Matschertal

Seit dem Jahre 2009 läuft im Vinschgauer Matschertal eine als Langzeitprojekt ausgelegte Versuchsreihe, um die Auswirkungen des Klimawandels auf Berglandwirtschaft und Wasserhaushalt zu erforschen.

Im Rahmen des EURAC-Projekts wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck Mähwiesenbestände 500 Höhenmeter nach unten versetzt und damit bei gleichen Standortvoraussetzungen (Bewirtschaftung, Hangneigung...) +3 – +3,5°C wärmeren Bedingungen ausgesetzt. Diese Temperaturerhöhung entspricht den mittleren Prognosen für den Südalpenraum für das Jahr 2100. Die transplantierten Bestände werden hinsichtlich Boden-Wasserhaushalt, Grünlandertrag und Biodiversität untersucht. Erste Ergebnisse zeigen eine deutliche Ertragszunahme bei Beständen, die herabgesetzt wurden. Es scheint, dass die Auswirkungen des Klimawandels in den Übergangsjahreszeiten (Frühjahr und Herbst) sowie in der montan-subalpinen Stufe am ausgeprägtesten sind.

Parallel zu diesen lokalen Untersuchungen laufen im Matschertal großflächige Erhebungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt eines gesamten Tales. Dazu wurden mehrere Mikroklimastationen im Tal verteilt errichtet, flächendeckend Boden und Vegetation kartiert sowie in Zusammenarbeit mit dem Hydrographischen Amt der Provinz Bozen Wasserabflussmessungen durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist es, den Wasserhaushalt des Einzugsgebiets möglichst präzise zu beschreiben, um dann mit Hilfe der Klimaszenarien Prognosen für die zukünftige Wasserverfügbarkeit zu treffen. Das Projekt *Climate Change* bildet den Schnittpunkt mit zahlreichen anderen laufenden Projekten und ist Bestandteil internationaler Kooperationen mit dem LTER-Austria Network und der Duke University of North Carolina (USA).



forst wirt schaft

*Georg Niedrist
Erich Tasser
Ulrike Tappeiner*

In diesem Kapitel

Der Wald kann sich grundsätzlich an veränderte Umweltbedingungen anpassen, ist allerdings relativ träge. Trockenperioden machen den Wald anfälliger gegenüber Schädlingen. Der Schädlingsdruck wird in Zukunft zunehmen. Mit der Trockenheit steigt aber auch in Südtirol die Gefahr von Waldbränden. Extremereignisse werden dem Wald mehr zusetzen als eine kontinuierliche Klimaveränderung.

Andererseits ist durch steigende Temperaturen und ein höheres CO₂-Angebot mit einem Anstieg des Holzwachses zu rechnen. Werden Altbestände nicht kontinuierlich entnommen, droht eine Überalterung des Waldes.

An den Klimawandel anpassen kann sich die Forstwirtschaft, indem sie auf eine standortgerechte Bewirtschaftung achtet, mit Augenmerk auf zukünftige Wachstumsbedingungen (weniger trockenanfällige Fichten, mehr Laubbaumarten). Der Wald muss kontinuierlich verjüngt werden. Außerdem bedarf es einer guten Infrastruktur, um auf Extremereignisse reagieren zu können.

Allgemeiner Zustand

Mit rund 372.000 ha sind aktuell 50 % der Landesfläche Südtirols mit Wald bedeckt. Neben dem ökonomischen Nutzen durch die Holzwirtschaft liefert der Wald weitere elementare Ökosystemdienstleistungen wie Sicherung der Wasserqualität oder Schutz vor Lawinen und Erosionen. Letzteres wird dadurch unterstrichen, dass 58 % des Waldes als direkter Schutzwald eingestuft sind (1). Die Wälder Südtirols sind größtenteils naturnahe Ökosysteme und somit ein Ergebnis aus menschlicher Nutzung und Klimageschichte. Davon lässt sich eine gewisse natürliche Anpassungsfähigkeit des Waldes an veränderte Umweltbedingungen ableiten. Das System ist allerdings aufgrund der langen Wuchszeiten träge. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die prognostizierte Geschwindigkeit des Klimawandels die natürliche Anpassungsfähigkeit des Waldes übersteigt (2).

Mögliche Auswirkungen

Generell ist zu erwarten, dass die Auswirkungen des Klimawandels standortabhängig und lokal sehr unterschiedlich ausfallen werden (3). Demnach ist mit einer Änderung der Waldzusammensetzung zu rechnen, die auch in Südtirol stellenweise bereits erkennbar ist. Laut Expertenmeinung ist es aber noch nicht möglich zu differenzieren, ob die Veränderungen direkte Folgen eines Klimawandels oder auf Nutzungsänderungen durch den Menschen zurückzuführen sind.

Steigende Temperaturen und geringere Wasserverfügbarkeit stellen hohe Anforderungen an das Ökosystem Wald. Erste unmittelbar sichtbare Anzeichen dafür sind Änderungen in der Phänologie. So hat sich der Austrieb bei Nadelbäumen im Alpenraum in den letzten 60 Jahren um 1-3 Wochen nach vorne verschoben (mit starken regionalen Schwankungen (4/5).

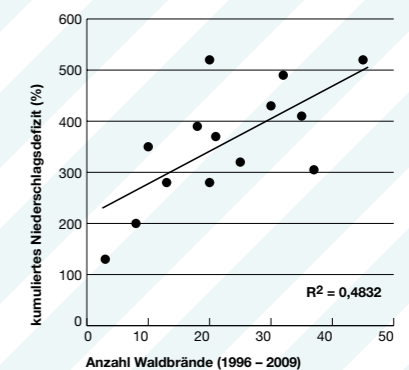
Als zentraler Einflussfaktor auf den zukünftigen Zustand des Waldes sind die Änderungen im Wasserhaushalt anzusehen. Eine knappe Wasserversorgung schwächt den Baum generell und erhöht somit die Anfälligkeit gegenüber Schädlingen. Dabei sind vor allem jene Wälder als anfällig einzustufen, die im Laufe der Zeit durch die menschliche Nutzung (Beweidung, Streunutzung...) in ihrer Zusammensetzung verändert worden sind oder bereits jetzt klimatische Extremstandorte besiedeln. Ein eindrückliches Beispiel war der großflächige Zusammenbruch der Kiefernwälder im Raum Brixen, wo nach mehreren vorausgegangenen Trockenphasen im Sommer 2003 auf 150 ha rund 8000 fm Kiefernwald zusammengebrochen sind (1).

Lokal geht man davon aus, dass es vor allem diese Extremereignisse sind, die die Forstwirtschaft in Zukunft beeinflussen werden. Über Eintrittshäufigkeit und Stärke solcher Ereignisse gehen die Meinungen in der Forschung noch auseinander, allerdings verdichten sich die Anzeichen, dass neben den veränderten Durchschnittswerten auch die klimatischen Extremereignisse zuneh-

men. So belegen neuere Studien aus der Schweiz eine Zunahme der Schäden durch Stürme in den letzten 150 Jahren (6). Die Gründe liegen zum einen in den wachsenden Waldflächen und der älteren Bestandesstruktur des Waldes, zum anderen in den milderen Wintern ohne gefrorenen Boden und einer Zunahme der Windspitzen während der Stürme.

In Südtirol gibt es bislang keine verlässlichen Zahlenreihen, die auf eine solche Zunahme der Schäden durch Windwürfe hindeuten. Allerdings ist aufgrund der inneralpiner Lage die Anfälligkeit hinsichtlich großflächiger Windwürfe nicht so hoch einzustufen wie in den Regionen der Alpennordseite (Schweiz, Bayern...). Es ist daher laut Expertenmeinung anzunehmen, dass eine Gefährdung weniger von ausgeprägten Wintertiefdruckgebieten atlantischer Herkunft ausgeht, sondern eher von kleinräumigen Würfen durch Föhnstürme und Gewitterböen.

Waldbrände spielen im Gegensatz zu anderen europäischen Regionen in Südtirol bislang eine untergeordnete Rolle. Allerdings besteht auch hierzulande ein signifikanter Zusammenhang zwischen Niederschlagsdefizit und Anzahl der Waldbrände (vgl. Abbildung 01). Unter Annahme der vorgestellten Szenarien ist daher in Zukunft grundsätzlich von einer Erhöhung der Waldbrandgefahr auszugehen insbesondere an monotonen Kiefernstandorten mit entsprechend hoher Brandlast. Durch gute Infrastruktur vor Ort sowie immer effizientere Brandbekämpfung sollten großflächige Auswirkungen jedoch begrenzt bleiben.



ABB

01 Abhängigkeit der Waldbrandhäufigkeit von der Trockenheit der Jahre 1996-2009. Kumuliertes Niederschlagsdefizit: monatliche Summe der prozentuellen Abweichung vom Durchschnittsniederschlag 1960-1990 (20).
Quelle: Hydrographisches Amt und Abteilung Forstwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen



02



03

ABB

02 + 03 Maßnahmen für eine standortgerechte Artenzusammensetzung und ausgeglichene Altersstruktur sind wirksame Anpassungsstrategien, um den Wald in seiner Funktion als Schutzwald aufrecht zu erhalten wie hier am Beispiel Matsch.
Foto 02: Giacomo Bertoldi, EURAC. Foto 03: Georg Niedrist, EURAC

Neben den direkten klimatischen Einwirkungen ist durch den zu erwartenden Klimawandel zusätzlich mit einem Anstieg der indirekten Belastungen des Waldes aufgrund von Schadorganismen zu rechnen. Längere Vegetationsperioden und höhere Temperaturen begünstigen die Entwicklung von Forstschädlingen wie dem Buchdrucker (*Ips typographus*, 7) und sorgen so für einen Anstieg der Kalamitäten. Eine zentrale Rolle kommt dabei der Fichte zu, die mit 61 % die dominierende Baumart in Südtirol darstellt. Sie ist anfällig auf Trockenheit (< 600 mm Jahresniederschlag, 8) und birgt damit an Standorten unterhalb ca. 1300 m ein erhebliches Anfälligkeitspotenzial. Prognosen sprechen von einer Verdoppelung des Schadensausmaßes in Fichtenwäldern bis zum Jahr 2100 (9). In Südtirol gibt es zwar noch keine statistisch gesicherten Daten über eine klimabedingte Zunahme von Forstschäden durch Schadinsekten, allerdings gibt es einige Hinweise auf einen steigenden Schädlingsdruck beispielsweise durch Schwammspinner (*Lymantria dispar*) oder verschiedene Borkenkäferarten (1). Neben häufigeren und schnelleren Generationszyklen begünstigen die klimatischen Entwicklungen eine Ausdehnung der Lebensräume von Forstschädlingen. Viele ursprünglich mediterran beheimateten Schadinsekten wie diverse Prozessionsspinner-Arten schaffen zunehmend den Sprung nach Mittel- und Nordeuropa (10). Daneben ermöglichen höhere Temperaturen auch die Einwanderung von gebietsfremden Arten (Neozoa) wie der Japanischen Kastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*). Sie ist ein ernst zu nehmender Kastanienschädling, der seit 2002 in Europa nachgewiesen und 2009 in Südtirol lokal massiv aufgetreten ist (1). Der Einfluss von milden Wintern auf Schadorganismen ist unterschiedlich zu beurteilen. Während beispielsweise für die Ausbreitung des Kiefernprozessionsspinner (*Thaumetopoea pityocampa*) milde Winter einen günstigen Effekt haben (11), ist im Falle von feuchteren Wintern bei Kiefernspanner (*Bupalus piniarius*) und Kieferneule (*Panolis flammea*) von einer höheren Mortalität der Puppen auszugehen (10). Da es hinsichtlich Winterniederschlägen noch keinen einheitlichen Trend für Südtirol gibt, bleibt die Entwicklung in dieser Frage abzuwarten. Dasselbe gilt bei Schadpilzen: Viele Pilzgattungen sind bei der Vermehrung auf eine hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen. Da sich diesbezüglich noch keine eindeutigen Trends abzeichnen, sind Befallsszenarien schwierig (12). Bei Bäumen mit Trockenstress ist aber generell eine erhöhte Anfälligkeit auf Schadpilze zu erwarten. Diese Kombination scheint beispielsweise auch eine der Ursachen für den starken Befall durch den Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) zu sein (13).

Die Auswirkungen des CO₂-Anstiegs sind nicht unmittelbar erkennlich, wirken sich aber in Kombination mit höheren Temperaturen und längeren Wachstumsphasen positiv auf den Holzzuwachs aus (14). In wie weit solche Effekte aber langfristig anhalten, ist in der Wissenschaft noch umstritten, zumal bekannt ist, dass die Dichte der Spaltöffnungen an Blattorganen in den letzten 200 Jahren kontinuierlich gesunken ist (15). Generell wird

davon ausgegangen, dass nur 2-4 % des Holzzuwachses auf das erhöhte CO₂-Angebot zurückzuführen ist. Die Rolle des Waldes als CO₂-Speicher in einem veränderteren Klima ist ambivalent: Durch die besseren Wachstumsbedingungen kann zwar mehr Kohlendioxid im Bestand gespeichert werden, allerdings ist diese Senke begrenzt und zudem nur in stabilen Wäldern längerfristig relevant. Bei größeren Schadereignissen wie Windwürfen würde das gespeicherte CO₂ wieder sehr schnell an die Atmosphäre abgegeben werden (14). Ein großer Teil des im Wald gespeicherten CO₂-Gehalts befindet sich außerdem im Boden. Dieser Umstand ist insofern relevant, als dass bei steigenden Temperaturen durch erhöhte Atmungsaktivität im Boden wieder vermehrt CO₂ freigesetzt wird (16).

Anpassung

In der Forstwirtschaft gilt generell: Ein stabiler Wald mit standortgerechter Baumzusammensetzung und ausgeglichener Altersstruktur ist die beste Anpassungsstrategie gegen Klimaveränderungen. Auch in Südtirol ist in den letzten Jahren vieles in diese Richtung unternommen worden. Mit der Herausgabe der „Walddtypisierung Südtirol“ (17) wurde eine wesentliche Grundlage für eine standortgerechte Bewirtschaftung der Wälder gesetzt. In Zusammenarbeit mit Nordtirol wurden dabei sämtliche vorkommende Waldtypen beschrieben. Es wurde ihre potenzielle Verbreitung aufgezeigt und auf eventuelle Gefährdungen biotischer wie abiotischer Natur hingewiesen. Die Ergebnisse sind eine gute Basis für die zukünftige Forstwirtschaft. Dass diese theoretischen Maßnahmen vermehrt auch in die Praxis umgesetzt werden, zeigen verschiedene Aufforstungsmaßnahmen wie am Vinschger Sonnenberg oder im Montiggler Wald (1). Neben der Standortgerechtigkeit wird mehr noch als bisher die Altersstruktur des Waldes eine wichtige Rolle spielen. In Südtirol steht einem jährlichen Holzzuwachs von 1,58 MioVfm nur ein Hiebsatz von 0,57 MioVfm gegenüber. Der Wald dehnt sich demnach nicht nur aus, er wird auch älter, sodass in Zukunft noch stärkere Anstrengungen zur Verjüngung der Bestände notwendig sind. Dabei werden Jungpflanzen mit standortgerechter Herkunft und einer breiten genetischen Variabilität empfohlen, da dies ebenso zur Stabilisierung des Baumbestands beiträgt (18). Neue Forschungsansätze in Bayern, Salzburg und Nordtirol gehen über die Standortgerechtigkeit hinaus und versuchen unter anderem über Szenarienentwicklung die Lebensraumverteilung der Wälder unter veränderten Klimabedingungen zu modellieren und in einem zweiten Schritt in der Waldbewirtschaftung umzusetzen (19). Ähnlich wie in der Landwirtschaft gehen Experten aber davon aus, dass die lokale Forstwirtschaft in den nächsten Jahrzehnten weniger vom Klimawandel als vielmehr von sozioökonomischen Komponenten wie dem Holzpreis oder den Entwicklungen hinsichtlich Holz als Biomasse-Treibstoff abhängen wird.

natur
gefah
ren

Marc Zebisch
Christian Hoffmann
Alberto Pistocchi



In diesem Kapitel

Naturgefahren sind sehr präsent in Südtirol.

Die meisten Naturgefahren haben einen unmittelbaren Zusammenhang mit Wetter und Klima und werden deshalb direkt vom Klimawandel beeinflusst.

Durch Siedlungsausbreitung und weiteren Siedlungsdruck wird die Anfälligkeit gegenüber Naturgefahren in Zukunft steigen.

Überschwemmungen, Muren und Übersarung (Ablagerung von Wildbachschutt und Murgangmaterial) könnten durch die Zunahme von Starkregenereignissen häufiger werden. Es kann jedoch keine klare Aussage getroffen werden, was die Stärke der Zunahme betrifft, da Starkregenereignisse von Klimamodellen kaum dargestellt werden können. Durch das Auftauen von Permafrost muss in jedem Fall mit einer Zunahme von Sturzprozessen im Hochgebirge gerechnet werden, die mitunter Straßen, touristische Infrastrukturen und Wanderer gefährden.

In Südtirol ist der Anpassungsgrad an den Klimawandel im Bereich Naturgefahren hoch, allerdings ist vor allem im Bereich technische Maßnahmen das Potenzial nahezu ausgeschöpft. In Zukunft kommen vor allem dem Risikomanagement und der Risikokommunikation, dem Monitoring und der Frühwarnung sowie der effektiven Raumplanung Bedeutung zu. Der Klimawandel sollte dabei expliziter berücksichtigt werden.

Allgemeiner Zustand

Südtirol ist, wie alle Berggebiete, verschiedenen Typen von Naturgefahren ausgesetzt. Diese stehen oft in engem Zusammenhang mit Wetter- und Klimaextremen. Die Naturgefahren lassen sich unterscheiden in (1):

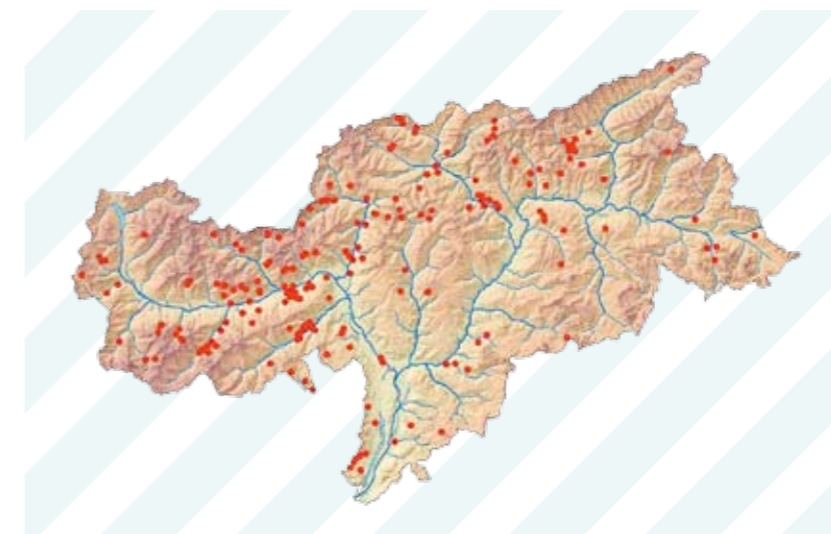
- Wassergefahren wie Vermurung, Übersarung, Überschwemmung, Erosion;
- Massenbewegungen wie Sturz, Rutschung, Einbruch, Hangmure;
- Lawinen.

In Südtirol stellen Vermurungen aus steilen Seitenbächen und Übersarungen auf Schwemmkegeln die häufigsten Naturgefahren dar (2). Ein Murgang ist ein schnell talwärts fließender Strom aus Schlamm und größerem Gesteinsmaterial. Er entsteht infolge sehr starker Niederschläge in steilen Bachläufen mit einem mittleren Gefälle von mehr als 15 % (3). In Südtirol besonders stark betroffen sind steile Einzugsgebiete und Gebiete mit einem hohen Anteil an Lockermaterial (vgl. Abbildung 1). Durch die hohe Erosionswirkung und die transportierten Gesteinsbrocken hat ein Murgang ein großes Zerstörungspotenzial. Ein mit voller Wucht

auffretender Murgang kann Häuser, Verkehrswege und Brücken zerstören. Oft werden die Straßen und die Erdgeschosse von Häusern meterhoch mit dem Schlamm-Geröllgemisch verschüttet. Bei einer Übersarung kommt es infolge von dynamischen Überschwemmungen zu einer flächenhaften Ablagerung von Gestein und Geröll außerhalb eines Bachbetts.

Überschwemmungen ereignen sich vor allem an Flüssen und Bächen der Talsohle. In Südtirol sind die größten Überschwemmungen auf die Etsch zurückzuführen, wobei sich die letzte bedeutende Überschwemmung 1987 bei Sigmundskron ereignete. Aber auch andere Talniederungen Südtirols werden von Überschwemmungen heimgesucht. So trat 1987 die Ahr bei St. Georgen über die Ufer sowie der Ridnaunerbach im Sterzinger Kessel. Die Passer überschwemmte den Talboden zwischen St. Leonhard und Meran (3).

Massenbewegungen wie Stürze, Rutschungen oder Hangmuren sind Gesteins- oder Lockermaterialbewegungen unter dem Einfluss der Schwerkraft. Bei Stürzen (Steinschlag, Fels- und Berg-



01

ABB

01 Verzeichnete Murgänge in Südtirol im Zeitraum von 1998 bis 2004. Quelle: Autonome Provinz Bozen



02

sturz) bricht Fels- und Lockermaterial an sehr steilen Hängen ab. Stürze treten spontan und natürlich auf, sind aber durch klimatische Prozesse wie Frost oder Tauwechsel begünstigt. Eine besondere Rolle spielt hier der auftauende Permafrost (vgl. Kapitel Auswirkungen S. 22).

Rutschungen sind Talbewegungen von Fels- und Lockermaterial entlang von Gleitflächen. Zumindest die flachgründigen Rutschungen werden oft von lang anhaltenden Niederschlägen mit einer kompletten Durchfeuchtung des Bodens begünstigt. Hangmuren sind ähnlich dem Murgang von starken Niederschlägen ausgelöste Bewegungen einer Lockermaterialmischung aus Wasser, Erde und Vegetation aber im Gegensatz zum Murgang außerhalb von Bachläufen. Die meisten Massenbewegungen in Südtirol sind kleinere Ereignisse. Besonders die Bergstürze können allerdings auch gigantische Ausmaße annehmen wie der Bergsturz im Oktober 2007 am Einserkofel im Fischleintal. Vom Gipfel des Einsers hatten sich rund 60.000 m³ Geröllmassen gelöst und waren aus fast 2600 m Höhe ins Tal gestürzt. Neben natürlichen Ursachen wird hier das Auftauen des Permafrosts infolge des Klimawandels als ein möglicher Grund diskutiert.

Lawinen sind schnelle Talwärtsbewegungen von Schneemassen. Die Lawinengefahr hängt ab von Schneemächtigkeit, Wind, Temperatur und der Schichtung des Schnees. Die meisten Lawinen

werden auf Hängen von 28° bis 48° Hangneigung ausgelöst. In Südtirol ereignet sich der Großteil der Lawinenabgänge abseits von Siedlungen. Gefährdet sind Straßen, Infrastruktur wie Aufstiegsanlagen und Strommasten sowie Waldbestände (3). Daneben stellen Schneebretter für Skitourengeher eine Gefahr dar. In den meisten Fällen lösen sie diese selber aus.

Zunächst sind alle diese Gefahren ganz natürliche Abläufe, die zum Lebensraum Alpen dazu gehören. Sie werden erst dann zu einem „Risiko“, wenn der Mensch und seine Nutzungsansprüche bedroht sind. Historisch wurden entsprechend nur relativ sichere Lagen für die Besiedlung ausgewählt. Allerdings kam es auch schon früher zu Schäden durch Naturgefahren. Heute wagt sich der Mensch mit seinen Siedlungen und Straßen in Gebiete vor, die potenziell gefährdet sind. Hauptproblem in Südtirol ist hierbei, dass nur ca. 8 % der Landesfläche zum sog. Dauersiedlungsraum zählen (4), also dem Raum der dauerhaft sicher besiedelt werden kann.

In Südtirol hat sich in vielen Gemeinden allein seit 1950 die Siedlungsfläche mehr als verdoppelt (5). Dazu kommen neue Straßen, Schienen sowie die touristischen Infrastrukturen der Skigebiete. Damit hat sich das bebaute Gebiet in Lagen ausgedehnt, die ohne technischen Schutz nicht zu nutzen wären. So befinden sich heute ca. 10 % aller Siedlungen und Infrastrukturen im Bereich einer

02 Mure bei Franzensfeste September 2009.

Foto: Dolomiten, Otto Ebner

03 Einserkofel nach Felssturz am 12. Oktober 2007.

Foto: Bergrettung Sexten



03

potenziellen Gefährdung durch Murgang (eigene Berechnungen auf der Grundlage der Gefahrenhinweiskarte). So haben sich zwar in der Vergangenheit die Naturgefahren selbst nicht geändert, die potenziell gefährdeten Werte sind aber deutlich angestiegen und damit auch das Risiko eines Schadens durch Naturgefahren. Gefährdet sind neben Gebäuden vor allem Straßen und Verkehrswege sowie Infrastruktur, was neben den eigentlichen direkten Schäden auch zu indirekten Problemen führen kann, die oft gravierender sind als der eigentliche Schaden. Seitentäler können durch Muren oder Lawinen von der Versorgung abgeschnitten werden oder Schäden an Stromleitungen zu längerem Stromausfall mit Auswirkungen auf die privaten Haushalte und die Landwirtschaft führen (kühlen, heizen, kochen, melken).

Auswirkungen des Klimawandels

Da die meisten Naturgefahren direkt oder indirekt durch Wetter- und Klimaextreme ausgelöst oder zumindest begünstigt sind, wird damit gerechnet, dass der Klimawandel Auswirkungen auf die Häufigkeit und Intensität von Naturgefahren im Alpenraum hat. Allerdings sind die für Naturgefahren oft auslösenden Starkrege-

nergebnisse schwierig vorherzusagen und die genauen Einflüsse des Klimawandels unklar. Es wird davon ausgegangen, dass durch die steigenden Temperaturen die Häufigkeit von Starkregenereignissen durch konvektive Niederschläge (vor allem bei Gewittern) zunimmt (vgl. Kapitel Klimawandel S. 10). Direkt durch Klimamodelle belegt lässt sich das allerdings nur schwer. Die Zunahme von Starkregenereignissen würde ein erhöhtes Risiko von Wassergefahren (Murgänge, Übersarung, Überschwemmung) sowie von oberflächlichen Rutschungen, Sturzprozessen und Hangmuren bewirken.

In einer Fallstudie zu den möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Überschwemmungsgefahr und Murgänge in Südtirol (6) konnten Staffler et al. nachweisen, dass der Klimawandel Auswirkungen auf die Häufigkeit von Murgängen und die Überschwemmungsgefahr haben kann. Dabei hängen die potenziellen Auswirkungen aber sehr vom Einzelfall ab. So stieg z.B. der mögliche Schaden durch Überschwemmung im Talgebiet von Sterzing bei einer angenommenen Zunahme der Intensität von extremen Niederschlagsereignissen um 20 % auf bis zu 1700 %. Betroffen davon wären allerdings fast ausschließlich Gewerbegebiete und nicht der Siedlungsbereich. Auch die Gefahr von kleineren und mittleren Murgängen nahm für die meisten der untersuchten Einzugsgebiete zu. Gleichzeitig wurde häufig eine Abnahme von extremeren Murgangereignissen ermittelt.

Etwas klarer sind die Zusammenhänge bei den Sturzprozessen. Permafrost, also dauerhaft gefrorener Boden, Lockermaterial oder Fels, stabilisiert vor allem in den Lagen oberhalb von ca. 2200 m das Gelände, indem er wie ein Kleber Lockermaterial und zerklüftete Felsen zusammenhält.

Durch Klimawandel und Erwärmung, vor allem der hohen Lagen, wird mit einem Anstieg der Permafrostgrenze gerechnet, sodass aus ehemals stabilem Gelände Sturzprozesse stattfinden können (7/8). Aber auch das Abschmelzen der Gletscher setzt neues Lockermaterial frei, das durch Sturzprozesse oder Wassergefahren mobilisiert werden kann. Vor allem im letzten Jahrzehnt stieg mit Hitzesommern die Häufigkeit von Felsstürzen in den Alpen merklich an (7/8/9).

In Südtirol spüren das u.a. die Alpinisten. Immer mehr klassische Routen im Hochgebirge, z.B. am Ortler, sind mittlerweile wegen erhöhter Steinschlaggefahr gesperrt.

Ein Faktor, der die Anfälligkeit Südtirols gegenüber Naturgefahren unter dem Klimawandel in Zukunft erhöhen könnte, ist die weitere Ausbreitung der bebauten Flächen. Weiterhin besteht in Südtirol großer Bedarf an neuen Siedlungs- und vor allem Gewerbeflächen sowie neuer Infrastruktur. Zwar besteht seit 2006 mit dem Instrument der Gefahrenzonenplanung (vgl. in diesem Kapitel auf gegenüberliegender Seite) ein Instrument, das die Bebauung in gefährdeten Zonen einschränken sollte, allerdings werden auch in Zukunft aufgrund des geringen Angebots an sicherem Siedlungsraum Kompromisse eingegangen werden müssen.

Anpassung

Mit der zunehmenden Siedlungsentwicklung im 19. und 20. Jahrhundert kam es in den Alpen vermehrt zu großen Katastrophen

mit erheblichen Schäden und einer großen Anzahl von Toten und Verletzten durch Überschwemmung, Murgang und Lawinen. Infolgedessen wurden Flüsse eingedeicht und die Wildbach- und Lawinenverbauung als Institution eingeführt. Vor allem die Hochwassergefahr wurde durch statistische Verfahren berechnet (z.B. Berechnung von Hochwasser mit einer 100-jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit) und in die Planung von Schutzmaßnahmen und Bebauung einbezogen.

Heute besteht ein vielfältiges System von Anpassungsmaßnahmen gegenüber Naturgefahren, das sich am sog. Risikomanagement-Kreislauf orientiert: Vorbeugung (Schutz gegen Schäden), Bewältigung (von Schäden), Regeneration (nach einem Schaden). Dabei ist das Prinzip der Vorbeugung auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel entscheidend.

Die wirksamste Anpassungsmaßnahme gegenüber Naturgefahren ist die konsequente Umsetzung des integralen Risikomanagements, das hauptsächlich auf die folgenden Maßnahmen bzw. auf die optimalste Kombination dieser Maßnahmen basiert:

- eine effektive Raumplanung, die Gefahrenzonen ausweist und auf die Bebauung besonders gefährdeter Bereiche verzichtet.
- ein effektives Monitoring von Naturgefahren inklusive einer Dokumentation historischer Ereignisse und ein entsprechendes Frühwarnsystem gegenüber den Gefahren bzw. den auslösenden Momenten.
- bauliche Maßnahmen gegenüber Naturgefahren wie Deichen, Wildbach und Lawinenverbauung.
- Kommunikation von Risiko und Schaffung eines Risikobewusstseins in der Bevölkerung gegenüber Naturgefahren und der entsprechenden Eigenverantwortlichkeit im Umgang mit den Gefahren.
- ein entsprechender Objekt- (Verringerung der Verletzlichkeit) und Zivilschutz (*Preparedness* = Bereitschaft auf Extremereignisse zu reagieren).

In Südtirol sind viele dieser Maßnahmen in vorbildlicher Weise umgesetzt. Eine vollständige Darstellung aller Maßnahmen würde den Rahmen dieses Berichts sprengen, deshalb hier nur ein kurzer Überblick:

- Zahlreiche Ämter und Abteilungen sind mit dem Schutz gegenüber Naturgefahren beschäftigt und kooperieren miteinander: Abteilung Brand- und Zivilschutz, Amt für Geologie, Hydrographisches Amt, Abteilung Raumordnung, Abteilung Forstwirtschaft und die Abteilung Wasserschutzbauten.
- Schutzbauten und technische Maßnahmen haben in Südtirol ein sehr hohes Niveau erreicht. Vor allem durch die hohen Kosten zusätzlicher Maßnahmen kann hierbei das Potenzial als nahezu ausgereizt angesehen werden.
- Flächendeckend bestehen für die wesentlichen Gefahren Gefahrenhinweiskarten, die online über den HazardBrowser zugänglich sind (10).
- Ebenso besteht für die wesentlichen Gefahren wie Massenbewegungen, Überschwemmungen, Murgänge und Lawinen eine

Ereignisdokumentation die ebenfalls z.T. über den HazardBrowser abgerufen werden kann. Eine einheitliche Datenbank, die auch weit zurückliegende Ereignisse beinhaltet, ist im Aufbau.

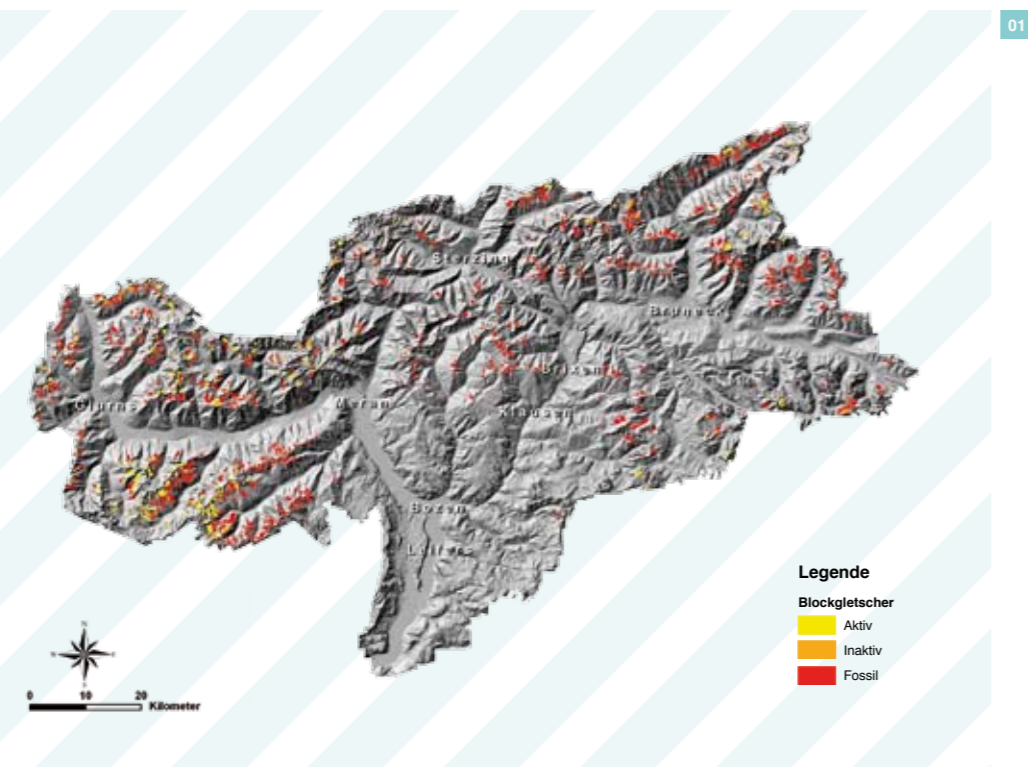
- Eine detaillierte und für die Bauleitplanung rechtlich bindende Gefahrenzonenplanung (GZP) auf Gemeindeebene ist per Dekret von 2008 vorgeschrieben (11). Allerdings ist der GZP bis auf St. Christina in Gröden noch in keiner anderen Gemeinde in Kraft getreten. In Neumarkt und in der Gemeinde Burgstall sind die Gefahrenzonenpläne schon in der Genehmigungsphase. Die meisten anderen Gemeinden sind von diesem Status noch weit entfernt.
- Die entsprechenden Abteilungen und Ämter sind in zahlreiche transnationale Projekte zum Thema Naturgefahren involviert, in denen es zum Teil explizit um die Anpassung an den Klimawandel geht (Projekte ClimChalp, AdaptAlp und PermaNET).

Trotz all dieser Bemühungen und dem hohen Grad der Anpassung ist der Klimawandel selbst nicht explizit in der Planung vorgesehen. Zwar ist die Gefahrenzonenplanung von ihrer Anlage her flexibel genug gehalten, um sich an eine veränderte Gefahrensituation z.B. im Rahmen des Klimawandels anzupassen, allerdings sollte auch hier das Vorsorgeprinzip gelten. In dem gerade abgeschlossenen internationalen Forschungsprojekt AdaptAlp¹ wurden – unter Mitwirkung der Provinz Bozen und der EURAC – 10 Empfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel formuliert, die auch für Südtirol als Leitlinien für weitere Anpassungsmaßnahmen dienen können (12):

01. Die Eigenverantwortung der Öffentlichkeit durch Information und Beteiligung an der Notfallplanung fördern.
02. Die Anpassung an den Klimawandel in die Raumplanung integrieren.
03. Lokale Akteure in den Risikodialog einbinden.
04. Die Vernetzung des Risikomanagements zwischen Ländern und Regionen fördern.
05. „Gemeinsame“ Sprache und Methoden bei der Entwicklung und Nutzung von Gefahrenkarten fördern.
06. Ausweitung von Überschwemmungsgebieten, Hochwasserentlastungen und Rückhaltebecken fördern.
07. Im Hochwassermanagement nachhaltige und ganzheitliche Ansätze verfolgen.
08. In Planungsprozessen alle Naturgefahren innerhalb eines Gebiets berücksichtigen.
09. Anpassungsmaßnahmen mit Risikomanagement-Instrumenten gezielt planen.
10. Die Erhebung von lokalen Daten zum Klimawandel fördern.

ABB

04 Karte der Blockgletscher Südtirols. Blockgletscher sind Schutt-Eisgemenge, die sich im aktiven Zustand langsam tal- oder hangabwärts bewegen. Sie sind ein typischer Indikator des alpinen Permafrosts. Quelle: Amt für Geologie, Autonome Provinz Bozen





to
ri
mus

Marianna Elmi

In diesem Kapitel

Mehr als in anderen Alpenregionen nimmt der Tourismussektor in Südtirol eine wichtige wirtschaftliche und soziale Rolle ein. Es ist daher anzunehmen, dass die Auswirkungen des Klimawandels in Südtirol erhebliche Folgewirkungen auf diesen Sektor haben werden.

Was den Wintertourismus betrifft, ist eine der möglichen Konsequenzen eine verringerte Schneesicherheit. Diese resultiert aus steigenden Temperaturen und Niederschlagsmengen. Eine Folge wäre die verringerte Möglichkeit für Touristen, Wintersport (insbesondere Skifahren) zu betreiben. Dieses mögliche Risiko betrifft vor allem Skigebiete in tieferen Lagen, die daher verstärkt gezwungen sind, in geeignete Anpassungsstrategien zu investieren.

Für den Sommertourismus hingegen zeigt der Klimareport, dass sich die Auswirkungen der steigenden Temperaturen vor allem auf städtische Gebiete konzentrieren. Dies betrifft insbesondere die Siedlungen der Provinz Bozen, sowie die Quellmärkte außerhalb der Provinz, also die Gebiete, aus denen die Touristen stammen. Dort herrschen bereits heute während der Sommermonate teilweise hohe Temperaturen, welche zukünftig noch höhere Werte erreichen werden. Für den Tourismus in Berggebieten ist eine solche Entwicklung vorteilhaft, da sich diese bei hohen Temperaturen in Städten zunehmend als Sommerfrische anbieten können.

Für den Winter- wie für den Sommertourismus existieren zahlreiche Anpassungsstrategien. Davon wurden einige bereits umgesetzt, andere sind als zukünftige Strategien vorstellbar. Diese Strategien schließen sich einander dabei nicht gegenseitig aus: vielmehr kann eine Destination die für ihr touristisches Angebot und ihre sozio-ökonomische Lage am besten geeigneten Strategien auswählen.

Allgemeiner Zustand

Der Tourismus spielt in Südtirol eine grundlegende wirtschaftliche und gesellschaftliche Rolle. In der Autonomen Provinz Bozen gibt es mehr als 10.200 Beherbergungsbetriebe mit insgesamt ca. 218.800 Betten (1). Im Tourismusjahr 2009/2010¹ wurden in Südtirol mehr als 5.700.000 Ankünfte und 28.600.000 Übernachtungen mit einer durchschnittlichen Aufenthaltsdauer der Touristen von 5,02 Tagen verzeichnet (2).

Die Verteilung der Ankünfte und Übernachtungen nach Jahreszeiten unterliegt dabei signifikanten regionalen Unterschieden: Im Tourismusjahr 2009/2010 wurden auf Landesebene 61 % der Übernachtungen im Sommerhalbjahr registriert, die übrigen 39 % im Winterhalbjahr.

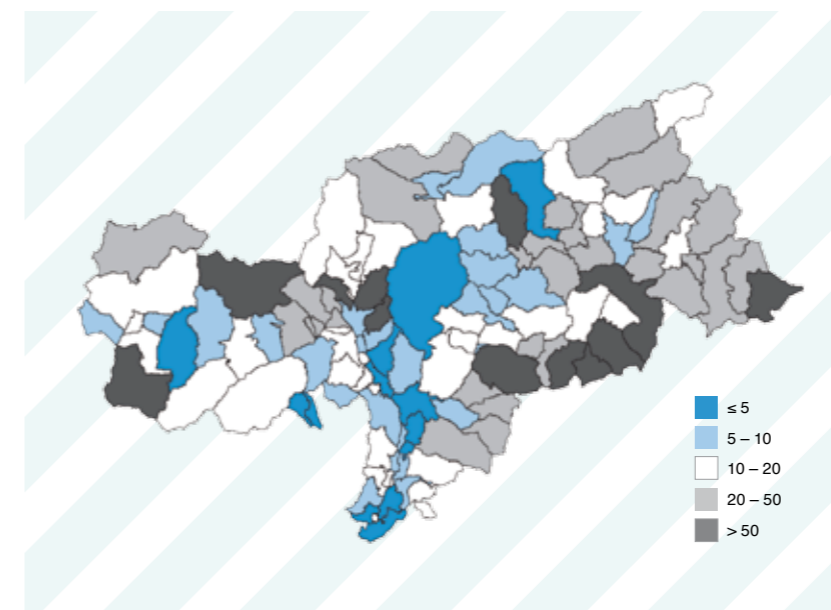
Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Ausgaben der Gäste im Tourismusjahr 2007/2008 (unter ausschließlicher Bezugnahme auf die am Urlaubsort getätigten Ausgaben und bezogen auf die letzten verfügbaren Angaben) betragen 118,80 Euro pro Tag, mit Schwankungen je nach Herkunftsland und Saison.

Eine spezifische Eigenschaft der Südtiroler Beherbergungsbetriebe und deren Auswirkungen auf den Raum ist im Wesentlichen

die – im Gegensatz zu anderen Gebieten im Alpenraum – kleinere Größe der Betriebe (21,4 Betten/Betrieb). Die Tourismusintensität² – der jährliche Landesindex liegt bei 15,6 mit einem monatlichen Höchstwert von 33,5 (3) – ist hingegen höher als in anderen Gebieten des Alpenraums (4) (für nähere Angaben zur Tourismusintensität auf Gemeindeebene vgl. Abbildung 01). Diese im Landesgebiet verteilten kleinen und mittleren Beherbergungsbetriebe sind auch ein wichtiger Teil des lokalen Arbeitsangebots. Die Angaben der Beobachtungsstelle für den Arbeitsmarkt 2010 verzeichnen in der Tat für das Jahr 2009 eine Anzahl von ca. 22.400 Beschäftigten allein im Hotelgewerbe (5). Ausgeschlossen aus dieser Berechnung sind Familienangehörige und Selbstständige, die einen bedeutenden Anteil der Mitarbeiter in den Südtiroler Beherbergungsbetrieben ausmachen.

² Zur Berechnung des Index der Tourismusintensität wird die Zahl der Einwohner in einem Gebiet mit der Zahl der Tage des Beobachtungszeitraums (in diesem Fall das Tourismusjahr mit 365 Tagen) multipliziert. Dann wird das Verhältnis zwischen dieser Zahl und der Zahl der Übernachtungen von Gästen in demselben Gebiet berechnet (3).

¹ Das Tourismusjahr beginnt am 1.11. und endet am 31.10.



01

ABB

01 Index der Tourismusintensität nach Gemeinden – Tourismusjahr 2009/10. Quelle: Autonome Provinz Bozen – Landesinstitut für Statistik, ASTAT (2011)

01

☁️ Mögliche Auswirkungen³

Mit Hilfe der im Rahmen dieses Projekts auf regionaler Ebene entwickelten Klimawandelszenarien (vgl. Kapitel Klimawandel S. 10) können mehrere unmittelbare Auswirkungen auf den Tourismus sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr erkannt werden. Für das Winterhalbjahr wird die stärkste Auswirkung (6) die geringere Schneesicherheit sein, die vor allem zurückzuführen sein wird auf:

- den Temperaturanstieg (von +1°C auf +2°C, nach 2030 noch stärker) und
- die folgende Zunahme der Regenfälle zu Lasten des Schneefalls.

Die geringere Schneesicherheit wird auch Folgen für die Landschaft und für die Möglichkeit haben, Wintersportarten zu betreiben, vor allem das Skifahren. Der Temperaturanstieg könnte zu einer Verkleinerung der schneesicheren Gebiete führen⁴: von 84,37 % der derzeitigen Gebiete (Szenario mit Temperaturanstieg um +1°C) auf 62,5 % (Szenario mit Temperaturanstieg um +2°C) (6). Am stärksten werden die Skigebiete in mittleren und niedrigen Höhenlagen davon betroffen sein.

Für das Sommerhalbjahr wird sich der Temperaturanstieg dahingehend auswirken, dass es in höher gelegenen Gebieten angenehmer wird. Außerdem wird der Temperaturanstieg nicht nur Folgen für die Berggebiete haben, sondern auch für die städtischen Gebiete und die Quellmärkte, d.h. die Gebiete, aus denen die Touristen kommen. In einigen dieser Gebiete herrschen bereits heute während der Sommermonate teilweise hohe Temperaturen, welche zukünftig noch höhere Werte erreichen werden. Dies kann also zu einem Wettbewerbsvorteil für die Berggebiete führen, dank eines Revivals der „Sommerfrische“.

³ Die folgenden Beobachtungen basieren auf Angaben für ganz Südtirol, die durch Datenerhebungen für zwei spezifische Fallstudien ergänzt werden: Plose und Hochabtei.

⁴ Die Berechnung bezieht sich auf die „100-Tage-Regel“, nach der in einem Skigebiet 100 Tage lang eine mindestens 30 cm dicke Schneedecke vorhanden sein muss, um Gewinn abwerfen zu können. Die Berechnung wurde von der OECD angestellt, wobei als Referenzwert die Schneesicherheitsgrenze der Südtiroler Skigebiete (1500 m) genommen und eine Verschiebung der Grenze auf 1650 m bei einem Temperaturanstieg um +1°C und auf 1800 m bei einem Temperaturanstieg um +2°C angenommen wurde.

📄 TAB

01 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in Südtirol. Ausgeschlossen sind mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf globaler Ebene wie zum Beispiel der durch Emissionssteuern bedingte Anstieg der Benzinpreise. Quelle: Pechlaner, Elmi, Herntrei (2011) (7), Scott (2011) (8)

SOMMERHALBJAHR

➕ Mögliche positive Auswirkungen

- Möglichkeit der Verlängerung der Nebensaison
- Revival der „Sommerfrische“ aufgrund des Temperaturanstiegs in einigen Herkunftsgebieten der Touristen
- Zunahme von Gesundheitsurlauben (z.B. Tourismus für Allergiker)
- Möglichkeit des Aktivurlaubs auch in höheren Lagen

➖ Mögliche negative Auswirkungen

- Attraktivitätseinbußen der Landschaft aufgrund der veränderten Vegetation
- Vermehrte Gefahren für Wanderer infolge der höheren Zahl von Besuchern in den Bergen im Sommer, verbunden mit dem erhöhten Risiko von Erdbeben
- Anstieg der Kosten für die Instandhaltung der Wanderwege und Hütten aufgrund einer Zunahme von Erdbeben und anderen Naturgefahren
- Mögliche Konflikte mit anderen Wirtschaftszweigen (z.B. Landwirtschaft) über die Wassernutzung

WINTERHALBJAHR

➕ Mögliche positive Auswirkungen

- Höhere Wettbewerbsfähigkeit einiger Südtiroler Destinationen in höheren Lagen im Vergleich zu einigen Urlaubsgebieten in mittlerer und niedriger Höhenlage

➖ Mögliche negative Auswirkungen

- Unregelmäßige Niederschläge (Zunahme der Niederschläge verbunden mit höheren Temperaturen)
- Frühe Schneeschmelze
- Größere Unsicherheiten beim Management der programmierten Beschneigung
- Mehrkosten in Verbindung mit der Ausweitung der künstlichen Beschneigung
- Verkürzung der Wintersaison
- Zunahme der Problematiken in Verbindung mit der Sicherheit auf den Pisten
- Konflikte mit anderen Wirtschaftszweigen (z.B. Landwirtschaft) bezüglich Wassernutzung für künstliche Beschneigung

In Gebieten, die einer Zunahme von Erdbeben oder Felsstürzen ausgesetzt sind, sind Wanderer auf Bergwanderwegen und Schutzhütten stärker gefährdet (vgl. Kapitel Naturgefahren S. 60). Diese Gefahr könnte dadurch verstärkt werden, das sich infolge zunehmender Besucherzahlen mehr Wanderer in den Bergen aufhalten.

Tabelle 1 listet die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen detailliert auf, unterteilt nach Halbjahren (Sommerhalbjahr / Winterhalbjahr) und Typ (positiv/negativ).

☁️ Anpassung für den Wintertourismus

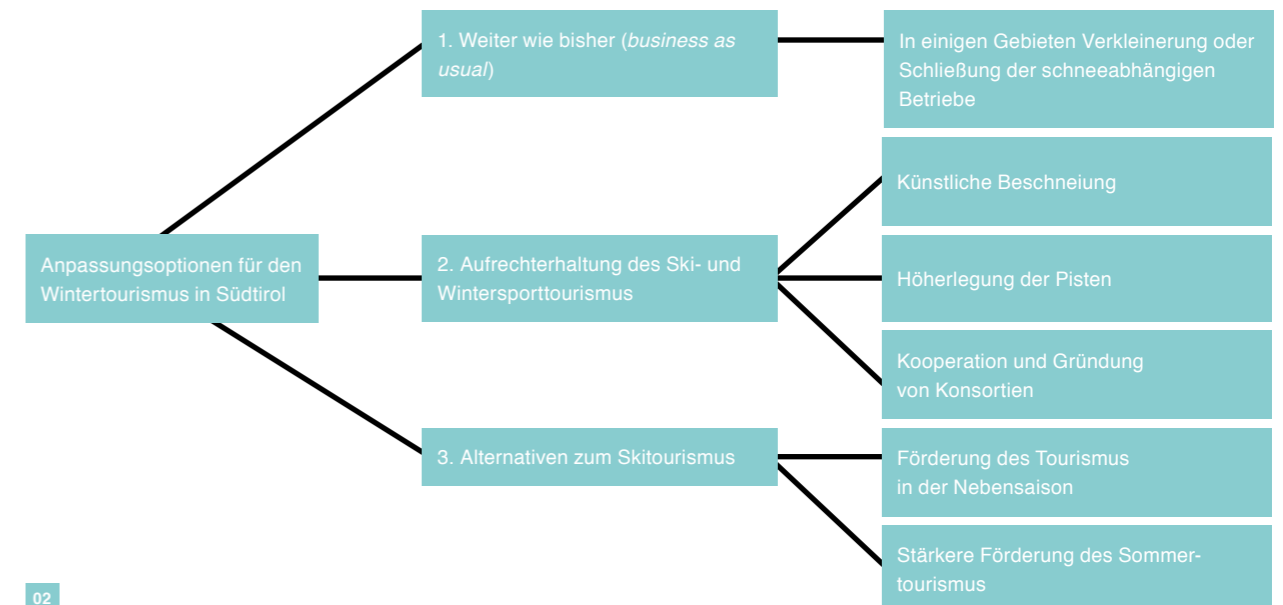
Generell hat der Stand der Forschung für den Alpenraum einige mögliche Anpassungsstrategien für den Wintertourismus aufzeigt. Diese in Abbildung 2 dargestellten Strategien sind auf verschiedenen Umsetzungsebenen auch in Südtirol präsent. Die Strategie, die die Aufrechterhaltung des Skisports im Winter vorsieht, umfasst insbesondere Investitionen in die Modernisierung der Anlagen, in die Konsortienbildung zur Kostenamortisierung und in die Nutzung von künstlicher Beschneigung. Diesbezüglich ist im Fachplan 2010 für die Aufstiegsanlagen und Skipisten und im

Wassernutzungsplan der Autonomen Provinz Bozen eine Ausweitung der künstlichen programmierten Beschneigung geplant (10, 11). Zusätzlich wird in Südtirol bereits an der Entwicklung von Alternative zum Skitourismus gearbeitet (vgl. Tabellen 02 und 03 auf Seite 77 und 78).

☁️ Anpassung für den Sommertourismus und die Nebensaison

Der Sommertourismus hat eine doppelte Bedeutung: Einerseits ist er selbst von möglichen Auswirkungen des Klimawandels betroffen (vgl. Tabelle 01), andererseits (vgl. Abbildung 02) kann die Förderung des Sommertourismus als eine Parallelstrategie zur Aufrechterhaltung der Skisports betrachtet werden, vor allem für bestimmte Betriebstypen⁵. Ein etwaiger Temperaturanstieg im

⁵ Zum Beispiel Seilbahnen. Experteninterviews im Skigebiet Plose zufolge wird in Zukunft die Förderung eines kontinuierlicheren Seilbahnbetriebs im Sommerhalbjahr und eine für Sommergäste attraktive Ausstattung der Gebiete (Entfernung der Skihalter, der Schutzvorrichtungen usw.) notwendig sein.



02

📄 ABB

02 Mögliche Anpassungsoptionen für den Wintertourismus in Südtirol. Quelle: eigene Erarbeitung nach Elsasser, Burki (2002) (9)

03



ABB

03 Es ist möglich, dass in der Zukunft das Angebot im Wintertourismus als Folge des Klimawandels gewissen Schwankungen unterliegt. Foto: Thinkstock

04 Eine gewinnbringende Strategie für die Zukunft: die Förderung des Tourismus in der Nebensaison, bspw. das Törggelen im Herbst. Quelle: Meranmarketing, Foto: Frieder Blickle

04



☁ Die Vorlieben der Touristen

Sommerhalbjahr sowohl in Südtirol als auch in den Quellmärkten, könnte eine Chance für den Sommertourismus in Südtirol sein, vor allem für jene Gebiete, die von hohen Temperaturen betroffen sein werden, etwa höher gelegene Ortschaften (vgl. Kapitel Gesundheit S. 80). Da der Sommertourismus weniger stark von den Folgen des Klimawandels betroffen zu sein scheint, sind in diesem Fall die Anpassungsstrategien weniger ausgefeilt als für den Wintertourismus. Sie überschneiden sich mit Strategien, die in anderen Bereichen entwickelt wurden (Zivilschutz, Wasserressourcenmanagement).

Die Strategie zur Förderung des Tourismus in der Nebensaison wird zudem bereits schon über die Entwicklung neuer Produkte umgesetzt. Die Südtirol Marketing Gesellschaft hat neue Trends für 2015 aufgezeigt, die auf saisonunabhängige Produkte setzen, zum Beispiel mit Schwerpunkt auf der persönlichen Weiterbildung und der Kulinarik (13).

Analysiert man die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in Südtirol spielen die Vorlieben der Touristen in Bezug auf die Bedeutung der einzelnen Aspekte eines Urlaubs eine grundlegende Rolle. Zwei Hauptaspekte sind hierbei zu berücksichtigen:

- Vor allem erhöht sich die Anfälligkeit des Südtiroler Tourismus insgesamt, wenn Touristen großen Wert auf eine klimaabhängigere Aktivität legen.
- Legen Touristen hingegen mehr Wert auf eine Aktivität bzw. ein Angebot, das weniger abhängig von den Folgen des Klimawandels ist bzw. durch dessen positive Auswirkungen durchaus begünstigt wird, dann trägt dies dazu bei, den Südtiroler Tourismus weniger anfällig zu gestalten.

Zur Analyse der Vorlieben der Touristen in Bezug auf die Bestandteile eines Urlaubs haben die Wissenschaftler der EURAC 389 Befragungen in zwei Modellgebieten durchgeführt, die folgendermaßen unterteilt sind (siehe Box S. 79):

- 200 Befragungen in Hochabtei (100 im Winterhalbjahr 2009/2010 und 100 im Sommerhalbjahr 2010).
- 189 Befragungen auf der Plose (100 im Sommerhalbjahr 2010 und 89 im Winterhalbjahr 2010/2011).

Die Fragebögen wurden um die einzelnen für die Befragten sowohl in einem Sommer – als auch in einem Winterurlaub wichtigsten Elemente zu identifizieren, analysiert.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Bei den in der Nähe von Skipisten (Winter) und Aufstiegsanlagen (Sommer) durchgeführten Umfragen gaben die Befragten als Vorlieben Skifahren im Winter und aktive Alpensportarten im Sommer an. Andere Aspekte folgen, wie zum Beispiel das kulinarische Angebot, Wellness und Lokalkultur im Winter bzw. regionale kulinarische Spezialitäten und Wellness-Angebote im Sommer.

In den auch im Winter in den Tälern durchgeführten Befragungen werden unterschiedliche Vorlieben genannt. Dabei sind auch Faktoren wie zum Beispiel die Präsenz von Unterhaltungsangeboten, diversifizierte Angebote im Hinblick auf Gastlichkeit, Mobilität (vor allem die Möglichkeit, öffentliche Verkehrsmittel kombiniert mit dem eigenen Auto nutzen zu können) wichtig.

Obwohl eine weitergehende Analyse, auch in verschiedenen Tourismusdestinationen über mehrere Jahre, erforderlich wäre, zeigen einige Auszüge aus den Ergebnissen dennoch, dass einerseits immer noch starke Vorlieben für die traditionellen Aktivitäten existieren, die für den Klimawandel anfälliger sind (Skisport und Bergwandern). Andererseits zeichnet sich aber auch ein Potenzial sowohl für die Entwicklung neuer, klimaunabhängiger Produkte wie auch für die Umsetzung von Anpassungsstrategien ab, gemischt mit Milderungs-

strategien, z.B. über das Angebot von Urlauben, in denen auch die Möglichkeit einer nachhaltigen Mobilität besteht⁶.

Zusammenfassung und abschließende Überlegungen

Der Tourismus in Südtirol unterscheidet sich je nach Saison und je nach analysierter Destination. Diese Studie bietet den Versuch einer Zusammenfassung. Der nächste, nach Winter- und Sommerhalbjahr gegliederte Abschnitt umfasst zwei Tabellen, in denen

⁶ Einige Best Practices in dieser Hinsicht sind die Vinschgau- und die Pustertalbahn, die mit dem Zug kombinierte Rittner Seilbahn, die Beispiele Pfelders im Passeiertal, Eggental, Ratschings und Villnösser Tal.

ABB

⁰⁵ In Zukunft wird die Wintersaison kürzer ausfallen. Gebiete, die ein stark jahreszeitabhängiges Produkt anbieten, müssen jetzt schon umdenken.
Foto: Marc Zebisch, EURAC

folgende Aspekte zusammengefasst werden (vgl. Tabellen 02 und 03 auf S. 77 und 78):

- die Hauptfolgen des Klimawandels auf den Südtiroler Tourismus im Winterhalbjahr (vgl. Tabelle 02) und im Sommerhalbjahr (vgl. Tabelle 03);
- die Stärken, über die der Tourismus in Südtirol schon verfügt und für die er schon vorbereitet ist, um auf den Klimawandel zu reagieren;
- die Schwächen, d.h. die Bereiche, in denen Maßnahmen zur Vorbeugung einer negativen Auswirkung des Klimawandels auf den Südtiroler Tourismus notwendig sein werden;
- die Chancen, die sich dem Südtiroler Tourismus vor dem Hintergrund des Klimawandels bieten;
- die Herausforderungen, die der Südtiroler Tourismus vor dem Hintergrund des Klimawandels bewältigen muss.

02

Mögliche Hauptauswirkungen für den Wintertourismus

Geringere Schneesicherheit mit diesen möglichen Folgen:

- Verkürzung der Wintersaison,
- Kostenanstieg für den Anlagenbetrieb aufgrund einer Zunahme der künstlichen Beschneidung,
- Wassernutzungskonflikte mit anderen Wirtschaftszweigen (Landwirtschaft, Wasserkraft).

Stärken

- Die Südtiroler Wirtschaftstreibenden treten dem Klimawandel nicht unvorbereitet entgegen und investieren schon in Anpassungsstrategien.
- Die Entwicklung von schneeunabhängigen Produkten läuft bereits.
- Die Gebiete in niedrigeren Höhenlagen stellen sich schon auf den Sommertourismus um. Beispiele sind Südtirols Süden mit jeweils 75,3 % der Übernachtungen im Sommer (3).
- Der Sommertourismus ist schon jetzt auch in Gegenden mit wichtigen Skigebieten eine Ressource.
- Die in den Fallstudiengebieten mit hoher Skiintensität befragten Touristen bekunden auch Interesse an klimaanabhängigen Aktivitäten: Unterhaltung, neue Mobilitätslösungen, Bildungsangebote, Gesundheits- und Wellnessangebote.
- Die Kooperation zwischen Skigebieten und die Konsortiengründung läuft schon.
- Die *Governance* (die Koordinierung der verschiedenen Komponenten des Tourismussystems) auf der Ebene der einzelnen Destinationen ist gut entwickelt.

Schwächen

- Die unsicheren Informationen über den Klimawandel erhöhen auch die Unsicherheit der Tourismusunternehmen hinsichtlich ihrer Planung in einem sich wandelnden Klima. Die Tourismusunternehmen sind sich zwar der Thematik bewusst, neigen aber dazu, ihren Betrieb strategisch auf der Grundlage von Bewertungen zu planen, die den Klimawandel nicht berücksichtigen.
- Diese Situation wird oft noch dadurch verschärft, dass der Planungshorizont der Tourismusunternehmen kürzer als der in den Klimawandelszenarien aufgezeigte Horizont ist.
- Die Genehmigungen für die Anlagenerneuerung sind zwar schon heute an Umweltverträglichkeitsprüfungen gebunden, sehen aber keine spezifischen Kriterien vor, die möglichen Folgen des Klimawandels berücksichtigen.
- Eine Koordinierung zwischen dem Tourismus und anderen Wirtschaftsbranchen (Wasser, Landwirtschaft, Zivilschutz) ist im Hinblick auf mögliche, durch den Klimawandel bedingte Konflikte noch nicht auf hohem Niveau etabliert. Es gibt keine Stelle für die Maßnahmenkoordination in den verschiedenen Wirtschaftssektoren.

Chancen

- Der Temperaturanstieg und die zunehmende Ungewissheit in Bezug auf Schneesicherheit betreffen auch die Skigebiete, die mit den Südtiroler Skigebieten konkurrieren und bringen den höher gelegenen Destinationen einen Wettbewerbsvorteil.
- Förderung längerer Aufenthalte der Urlaubsgäste, um etwaige klimabedingte Ungewissheiten aufzufangen, die vor allem die Entscheidungen der Tagesurlauber beeinflussen.
- Investitionen in die Saisonentzerrung und in die Entwicklung neuer Produkte werden den Südtiroler Wintertourismus weniger anfällig gestalten.

Herausforderungen

- Niedriger gelegene Skigebiete und Gebiete mit einem hohen Anteil von Tagesurlaubern werden die Folgen des Klimawandels stärker zu spüren bekommen. Für diese Gebiete wird die Herausforderung darin bestehen, am Angebot anzusetzen.
- Gebiete, die ein stark jahreszeitabhängiges Produkt anbieten, müssen ihr Angebot diversifizieren und auf Aktivitäten setzen, die einen über das gesamte Jahr verteilten Tourismus garantieren.
- Allgemein wird für ganz Südtirol die Herausforderung darin bestehen, das Potenzial der einzelnen Destinationen zu entwickeln ohne ein einheitliches Entwicklungsmodell zu verwenden.

TAB

⁰² Zusammenfassung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wintertourismus und daraus folgende Stärken, Schwächen und Herausforderungen.



05

03

Mögliche Hauptauswirkungen für den Sommertourismus

- weniger Annehmlichkeiten in Tälern und Städten,
- mögliche Veränderung der traditionellen Berg- und Kulturlandschaft durch die Verschiebung der Waldgrenze nach oben,
- zunehmende Gefahr für die Unversehrtheit von Wandernern und Beherbergungsbetrieben aufgrund des Abschmelzens der Permafrostböden,
- mögliche Konflikte mit anderen Wirtschaftsbranchen (Landwirtschaft, Wasserkraft) aufgrund der Wassernutzung (vgl. Kapitel Naturgefahren S. 60).

↑ Stärken

- Der Sommertourismus ist schon heute eine Stärke Südtirols.
- Die Aufnahme der Dolomiten in das UNESCO-Weltkulturerbe wird ein weiterer Impuls für den Sommertourismus sein.
- Die Autonome Provinz Bozen ist für das Thema Naturgefahren sensibilisiert und nimmt an wichtigen Kooperationsprojekten zum Thema teil, zum Beispiel PermaNET.
- Es gibt schon heute eine verstärkte Aufwertung der Nebensaison mit Ad-hoc-Produkten.
- Die *Governance* auf der Ebene der einzelnen Destinationen ist gut entwickelt und erlaubt eine Koordinierung der Akteure.

↓ Schwächen

- Der Planungshorizont der Tourismusunternehmen ist kürzer als der in den Klimawandelszenarien aufgezeigte Horizont.
- Auf Landesebene wurde bisher keine Koordinierungsstelle für die verschiedenen Branchen eingerichtet, die sich mit den Naturgefahren unter Berücksichtigung der möglichen Folgen des Klimawandels befasst.
- Die Seilbahnanlagen werden weiterhin hauptsächlich im Winter genutzt.⁷

↻ Chancen

- Der Temperaturanstieg wird auch die Quellmärkte und Großstädte betreffen.
- Eine mögliche Folge wird ein Revival der „Sommerfrische“ sein.

☆ Herausforderungen

- Im Hinblick auf eine ausgeprägtere Anlagennutzung im Sommer werden der Landschaftsschutz und die Reduzierung der Spuren des Winterbetriebs auf ein Minimum notwendig sein.
- In Gebieten mit einem schon hohen Tourismusintensitätsindex kann ein Revival der Sommerfrische zu Konflikten zwischen Gästen und lokaler Bevölkerung in Bezug auf die Ressourcennutzung (Wasser, Energie) und die Auswirkungen auf die Landschaft führen. Es wird eine strategische Planung erforderlich, die dieses Risiko einschränkt.
- Die Koordinierung der verschiedenen Wirtschaftssektoren muss dazu beitragen, das Risiko von Ereignissen zu reduzieren, die die Unversehrtheit der Touristen gefährden können.

TAB

03 Zusammenfassung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Sommertourismus und daraus folgende Stärken, Schwächen und Herausforderungen.

⁷ Zum Beispiel, für die Fallstudie Plose werden zum Beispiel im Winter ca. 250.000 Gäste verzeichnet, im Sommer ca. 70.000.

06



ABB

06 Den Betrieben im Tourismussektor steht eine breite Palette von Anpassungsstrategien zur Verfügung, an denen das touristische Angebot ausgerichtet werden kann. Foto: Thinkstock

Forschung an der Schnittstelle Tourismus und Klimawandel

Die Wechselwirkung zwischen Klimawandel und Tourismus ist nicht linear, sondern eher komplex (Scott, 2009) (8). Sie hängt von einer ganzen Reihe von Aspekten ab, bei denen das Klima nur einen Teilaspekt darstellt. Zudem besteht eine zeitliche Inkonsistenz zwischen den Prozessen des Klimawandels und den relativ dazu wesentlich kürzeren Planungshorizonten des touristischen Managements (7). Außerdem entfalten andere, kurz- bis mittelfristig wirksame Faktoren wie Wirtschaftskrisen oder das Entstehen neuer Trends oftmals einen stärkeren Einfluss auf die touristische Nachfrage als der Klimawandel (12).

Aufgrund dieser Überlegungen hat das EURAC-Institut für Regionalentwicklung und Standortmanagement einen Studienansatz gewählt, der auch die Veränderungen in den Präferenzen der Touristen in Betracht zieht. Zu diesem Zweck wurde(n):

- der Ist-Stand des Tourismussektors in der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol ermittelt;
- Klimawandelmodelle verglichen und mögliche regionale Auswirkungen mittels Szenarienanalysen bestimmt. Ebenfalls flossen die Ergebnisse zweier Workshops mit Experten und Provinzvertretern an der EURAC am 21. Oktober 2009 (Diskussions-Workshop zu den Auswirkungen und Workshop zur Überprüfung der Ergebnisse) und am 30. März 2011 (Workshop zur Überprüfung der Ergebnisse) in diese Analysen mit ein;
- die wichtigsten, bereits angewandten Strategien auf Provinzebene untersucht;
- parallel dazu zwei Destinationen (Hochabtei und Plose) als Fallstudien ausgewählt, um gezielte Untersuchungen auf lokaler Ebene anzustellen;
- eine mögliche Veränderung in den Präferenzen der Touristen in Betracht gezogen. Untersucht wurde diese Annahme mit Hilfe von 389 Fragebögen an Touristen während der Wintersaison 2009/2010 und während der Sommersaison 2010.



ge
su
nd
heit

Lydia Pedoth

In diesem Kapitel

In den letzten 50 Jahren hat die Anzahl von Hitzetagen, Hitzewellen und tropischen Nächten nachweislich zugenommen, was vermuten lässt, dass sie in Zukunft noch gehäuft auftreten werden. Die Zunahme von Hitzestress wird von Experten als die wichtigste Auswirkung des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit eingeschätzt. Davon am meisten betroffen sind ältere und kranke Menschen. Weitere indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit sind eine mögliche Verschlechterung der Luftqualität und Krankheiten, die etwa von Zecken oder Mücken verbreitet werden. Steigt die Temperatur, steigt oft auch deren Anzahl.

Im Umgang mit Hitzestress spielt die Raumplanung eine wichtige Rolle, um z.B. das Entstehen von urbanen Hitzeinseln zu vermeiden. Im Falle von Hitzewellen werden die Gemeinden und die Einwohner auf lokaler Ebene über den Zivilschutz und auf nationaler Ebene über das Hitzewarnsystem informiert. Seit 2003 gibt es ein nationales Hitzewarnsystem für 27 Städte, an dem auch Bozen beteiligt ist. Die Aufklärung über das richtige Verhalten bei Hitzestress ist grundlegend, um Gesundheitsrisiken vorzubeugen.

Ziel wird es nun sein, ein lokales Hitzewarnsystem auf Provinzebene auszuarbeiten. Damit können neben Bozen auch weitere Städte und Gemeinden in Südtirol mit eingebunden und die Informationskampagne verbessert werden. Der Klimawandel wird das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen auf direkte und indirekte Weise beeinflussen. Durch einen bewussten Umgang mit dem Problem und Maßnahmen wie das Überwachen, Informieren und Einbinden der Bevölkerung in Planungsprozesse, kann auf die verschiedenen Auswirkungen reagiert werden.

01



ABB

01 Der September 2011 war einer der wärmsten seit Anbeginn der Temperaturaufzeichnungen. Jung und Alt kühlten sich im Schatten der Bäume mit einem Eis. Foto: Sigrid Hechensteiner, EURAC

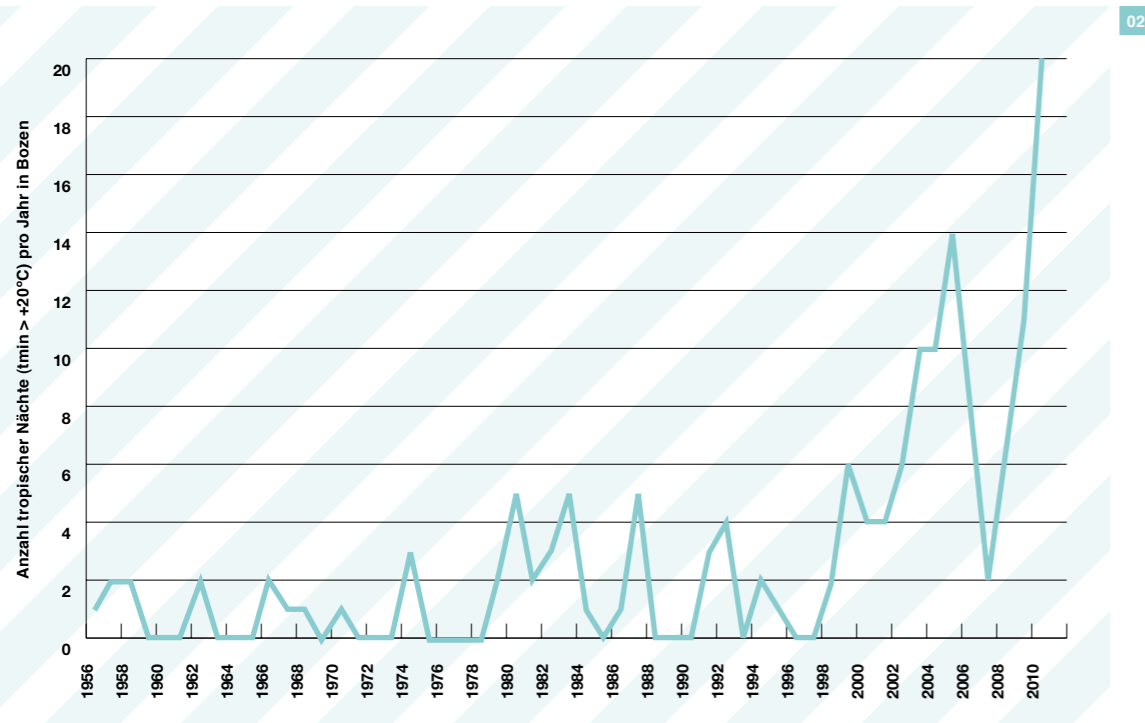
Das menschliche Wohlbefinden ist in vielerlei Hinsicht von Klima und Wetter abhängig. Bei der Betrachtung der möglichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit können direkte und indirekte Auswirkungen unterschieden werden (1). Die direkten Auswirkungen umfassen eine erhöhte Belastung durch veränderte Wettererscheinungen (Temperatur, Niederschlag und erhöhte Häufigkeit von Extremereignissen). Veränderungen von Ökosystemen, der Wasserqualität und der Häufigkeit sowie der Verbreitung von Krankheitserregern und Pollen stellen indirekte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit dar (2).

Hitzestress

Der Klimawandel hat bereits die Häufigkeit und die Intensität von Extremtemperaturereignissen beeinflusst. Hitzetage, tropische

Nächte und Hitzewellen sind häufiger geworden (3). Zusammen mit einer allgemeinen Temperaturerwärmung werden Hitzewellen in Europa öfters auftreten, an Intensität zunehmen und länger andauern (4).

Die Belastung durch extreme Hitze ist eine der wichtigsten direkten Auswirkungen des Klimas auf die menschliche Gesundheit. Mögliche nachteilige Gesundheitseffekte gehen auch in Mitteleuropa von sommerlicher Hitzebelastung aus (5). Die Belastung wird nicht nur von der Maximaltemperatur beeinflusst, sondern auch von hohen Nachttemperaturen. Eine Nacht mit Mindesttemperaturen von über +20°C kann dieselben Auswirkungen auf die Gesundheit haben wie eine Hitzewelle von drei Tagen, und eine solche Nacht zwischen zwei Hitzetagen verstärkt die Belastung für den menschlichen Körper (6). In Bozen ist die Anzahl solcher tropischen Nächte vor allem in den letzten 20 Jahren deutlich ange-



ABB

02 Anstieg der Anzahl der tropischen Nächte (Nächte mit einer Minimaltemperatur von über +20°C) in Bozen seit 1956. Das Jahr 2010 weist einen Rekord von 20 tropischen Nächten auf. Besonders heiß war hier der Juli 2010 mit 13 aufeinander folgenden tropischen Nächten.

Quelle: Auswertung EURAC beruhend auf Daten des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen

stiegen. Während in der Periode vor 1995 nur 0-5 tropische Nächte pro Jahr auftraten, waren es 2010 schon 20 (vgl. Abbildung 02). Eine weitere mögliche Auswirkung von Hitze sowie sich verändernden Windverhältnissen ist die Entstehung von urbanen Hitzeinseln in heißen Sommern. Dieses, besonders in stark verbauten Gebieten auftretende Phänomen, kann die Belastung für den menschlichen Körper verstärken.

Eine starke Hitzebelastung, wie sie z.B. im Sommer 2003 in ganz Europa mit über 30.000 Toten zu spüren war, kann zu erhöhten Krankheits- und Sterberaten führen (1) (vgl. Kapitel Auswirkungen S. 22). Auch in Südtirol war es im Sommer 2003 zwischen +3°C und +4°C wärmer als im Durchschnitt. Alle Messstationen zeigten Rekordtemperaturen (7). Experten schätzen, dass auch für Südtirol in Zukunft die Belastung durch Hitzestress die wichtigste Auswirkung des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit sein wird.

Da es sich hier um ein für Südtirol relativ „neues“ Phänomen handelt und der Wissensstand auf diesem Gebiet im Vergleich zu anderen Sektoren gering ist, wird es schwierig, klare Aussagen

über den direkten Zusammenhang zwischen Klimawandel und Gesundheit für Südtirol zu treffen. Man kann aber durchaus sagen, dass dieser Aspekt in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird und deshalb in verschiedenen Bereichen in Betracht gezogen werden sollte. Das reicht von der Städteplanung über die Vorhersage von extremen Wetterbedingungen bis hin zur Sensibilisierung der Bevölkerung und dem Umgang mit Hitzewellen von Seiten der zuständigen Behörden.

Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen

Studien zu Mortalität in Bezug auf Hitzewellen verdeutlichen, dass besonders ältere Personen und kleine Kinder von den Auswirkungen hoher Temperaturen betroffen sind. Nach den Ereignissen des Extremsommers von 2003 hat das italienische Gesundheitsministerium eine Studie in Auftrag gegeben, um herauszufinden, ob die Hitzewelle auch in Italien zu einer erhöhten Sterberate insbesondere unter der älteren Bevölkerung geführt hat. Die Ergeb-

nisse dieser Studie zeigen, dass im Vergleich zu 2002 in den Monaten Juni bis August 2003 ein allgemeiner Anstieg der Sterberate zu verzeichnen war. Am deutlichsten fiel er bei den über 75-Jährigen aus und hier besonders in den Städten des Nordwestens (Turin, Trient, Mailand und Genua). Laut dieser Studie ist im Sommer 2003 auch in Bozen – im Vergleich zum Sommer 2002 – die Sterberate der über 75-Jährigen um 15,6 % gestiegen (8). Diese Ergebnisse zeigen auf, dass bei der Einschätzung der zukünftigen Auswirkungen von Hitzestress der demografische Wandel eine wichtige Rolle spielt. Wie in den meisten europäischen Ländern wird auch in Südtirol eine Veränderung in der Altersstruktur der Bevölkerung vorhergesehen. Infolge einer negativen Entwicklung der Geburtenbilanz wird auch Südtirol in Zukunft – trotz Zuwanderung – von einer kontinuierlichen Alterung der Bevölkerung betroffen sein. Der Anteil der über 65-Jährigen an der Gesamtbevölkerung wird von 17 % im Jahr 2006 auf 18,9 % im Jahr 2020 ansteigen, der Anteil der über 84-Jährigen von 1,8 % im Jahr 2006 auf 2,4 % im Jahr 2020 (9). Im Umgang mit Hitzestress ist es deshalb besonders wichtig, Vorbeuge- und Anpassungsmaßnahmen für diese Bevölkerungsgruppe zu treffen.

Anpassung

Die wichtigste Maßnahme im Umgang mit Hitzestress stellt die Raum- und Städteplanung dar. Durch das Planen und Anlegen von Grünflächen kann der Entstehung von urbanen Hitzeinseln entgegengewirkt werden. Gleichzeitig bieten solche Flächen zusätzliche Erholungsräume und verbessern die allgemeine Lebensqualität in den Städten.

Eine Zunahme von Hitzetagen und ein daraus folgender vermehrter Einsatz von Klimaanlagen in den Sommermonaten können zu einer Kostenzunahme und einem Anstieg des CO₂-Ausstoßes führen. Hier wird es in Zukunft wichtig sein, Alternativen zur Klimaanlage zu finden, z.B. durch das Errichten von Naherholungszonen und Grünflächen.

Eine wichtige Maßnahme im Umgang mit Hitzestress ist das Überwachen und das Vorhersagen von Hitzewellen von Seiten des lokalen Wetterdienstes, um mögliche negative Auswirkungen abzuschwächen. Zusätzlich startete der Nationale Zivilschutz im Jahre 2004 in 27 italienischen Städten ein Pilotprojekt für Hitzewarnungen. Das System basiert auf lokalen Daten zu Temperatur, relativer Luftfeuchte und Sterbedaten und einer daraus auf die jeweilige Stadt abgestimmten Warnung in drei möglichen Stufen (grün-gelb-rot). Wird für eine Stadt die Stufe rot vorhergesehen, so wird die Kontaktperson des lokalen Zivilschutzes und der Gemeinde informiert und eine Informationskampagne für die Bevölkerung in den lokalen Medien gestartet. Bozen ist seit 2006 Teil dieses nationalen Projekts für Hitzewarnungen. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass für die Vorhersage und die Warnung vor Hitzewellen eine bessere Abstimmung und Koordination zwischen den nationalen und regionalen Akteuren erstrebenswert ist.

Neben diesen langfristig und großräumig angesetzten Maßnahmen, gibt es auch Initiativen, die sich an kleine, besonders betroffene Bevölkerungsgruppen richten. Die Gemeinde Bozen hat 2007 die Initiative „Sommerfrische in der Stadt“ ins Leben gerufen. An Tagen mit Hitzewarnung öffnet das Pflegeheim Villa Europa seine Tore und ältere Menschen können die mit Klimaanlagen ausgestatteten Räumlichkeiten nutzen. Dank der Mitarbeit vieler freiwilliger Helfer werden zusätzlich ein kostenloser Transportdienst und die Betreuung im Pflegeheim angeboten.

Als mögliche Verbesserung für die Zukunft nennen die Koordinatoren der Initiative die Ausweitung der Maßnahme auch auf andere Strukturen, da aus Platzgründen derzeit nur eine begrenzte Anzahl von Personen den Dienst in Anspruch nehmen kann. Außerdem soll ein zusätzlicher Dienst für kranke Menschen angeboten werden, da auch diese besonders von den Hitzewellen betroffen sind. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass solche Initiativen aus mehreren Gründen in Anspruch genommen werden: zum einen als Anpassung an den Hitzestress, zum anderen als Möglichkeit soziale Kontakte zu pflegen. Südtirol verfügt bereits über ein gut funktionierendes System zur Wettervorhersage. Für die Zukunft wird auf Landesebene ein lo-

kales Hitzewarnsystem angestrebt, das das derzeitige nationale System ersetzen soll. Dies ermöglicht es, die Warnungen besser auf den lokalen Kontext abzustimmen und Hitzewarnungen, die es derzeit nur für die Landeshauptstadt gibt, auch auf andere Städte Südtirols auszuweiten.

Vektorübertragende Krankheiten

Weitere indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit umfassen Veränderungen in der Verbreitung und dem Infektionspotenzial von Krankheitsüberträgern (Vektoren wie z.B. Zecken oder Mücken (1/2)). Aus der Diskussion mit lokalen Experten ging hervor, dass auch diese Auswirkungen von großer Bedeutung sind. So ist auch in Südtirol schon eine Veränderung in der Verbreitung von Zecken bemerkbar. Seit jeher gelten Gebiete wie das Überetsch oder der Vinschgau zu ihrem Verbreitungsgebiet, doch in den letzten Jahren wurden auch in Gebieten wie dem Ahrntal erstmals Fälle von Zecken registriert. Bei den von Zecken übertragenen Krankheiten kann laut Experteninterviews kein wachsender Trend festgestellt werden. Es ist besonders wichtig die Bevölkerung über Risiken und Symptome zu informieren und die Anzahl der auftretenden Krankheitsfälle zu registrieren und zu überwachen.

Ein weiterer laut Experten wichtiger Aspekt ist das Auftreten von neuen, in der Vergangenheit in Südtirol nicht heimischen Krankheitserregern. Im Herbst 2010 wurde erstmals die Tigermücke in Südtirol gesichtet.

Auch hier sind als Maßnahmen das Überwachen und Erforschen von infizierten Zecken, aber auch die Information der Bevölkerung besonders wichtig. In Südtirol wird alle fünf Jahre eine Erhebung der Zeckenverbreitung durchgeführt. Darauf aufbauend verfasst der Gesundheitsbezirk regelmäßig ein Informationsblatt für die Gemeinden, welche die darin enthaltenen Punkte dann in das lokale Gemeindeblatt integrieren. In besonders betroffenen Gebieten wie dem Überetsch wurden bereits Hinweisschilder auf Wanderwegen angebracht. Ein weiterer wichtiger Aspekt in diesem Bereich ist die Forschung und der länderübergreifende Informations- und Erfahrungsaustausch. Dies geschieht z.B. im Interreg Forschungsprojekt V.E.I.T. (Vektorassoziierte Erkrankungen inneralpiner Täler), an dem die Sanitätseinheit Südtirol, der Dienst für Hygiene und öffentliche Gesundheit, als Partner beteiligt ist und das die Kooperation zwischen Alpenregionen auf diesem Gebiet unterstützen soll.

Veränderte Umweltbedingungen

Für die Gesundheit zusätzlich relevant ist aus der Sicht des Klimawandels die Art und Verteilung der Ökosysteme. Mit anderen Worten: ein verändertes Klima beeinflusst auch die Verteilung und das

Wachstum der Pflanzen. Pflanzen mit negativen Gesundheitsauswirkungen, wie beispielsweise Allergien, können sich weiter ausbreiten oder bspw. eine höhere Pollenproduktion ausbilden (1).

Zu den Umweltbedingungen, die einen negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben können, zählt auch eine Verschlechterung der Luftqualität. Eine erhöhte Präsenz von Stickoxiden (NO₂), Feinstaub (PM₁₀) und Ozon in der Luft kann zu Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislaufsystems führen. Hohe Temperaturen und eine verstärkte Sonneneinstrahlung – in Zusammenhang mit den vom Menschen verursachten Schadstoffemissionen – können eine erhöhte Produktion von Ozon zur Folge haben. Gleichzeitig kann ein Anstieg der Temperaturen aber auch zu einem Rückgang der Heiztage führen, was sich positiv auf die Luftqualität auswirken kann.

Immer mehr Indizien sprechen dafür, dass hohe Ozonwerte und eine höhere Konzentration von Staubpartikeln in der Luft die Auswirkungen von Hitzewellen auf die menschliche Gesundheit verstärken, insbesondere bei älteren Menschen zwischen 75 und 84 Jahren (2). Laut Experten ist es nach wie vor schwierig, einen direkten Zusammenhang zwischen der Beeinflussung der Luftqualität durch den Klimawandel und daraus folgende negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit herzustellen.

Abschließend

Südtirol hat ein gut ausgebautes und funktionierendes Gesundheitssystem und in den verschiedenen angesprochenen Bereichen gibt es bereits bewährte Monitoring-Systeme und Informationskampagnen für die Bevölkerung. Außerdem wurden bereits erste Anpassungsmaßnahmen getroffen.

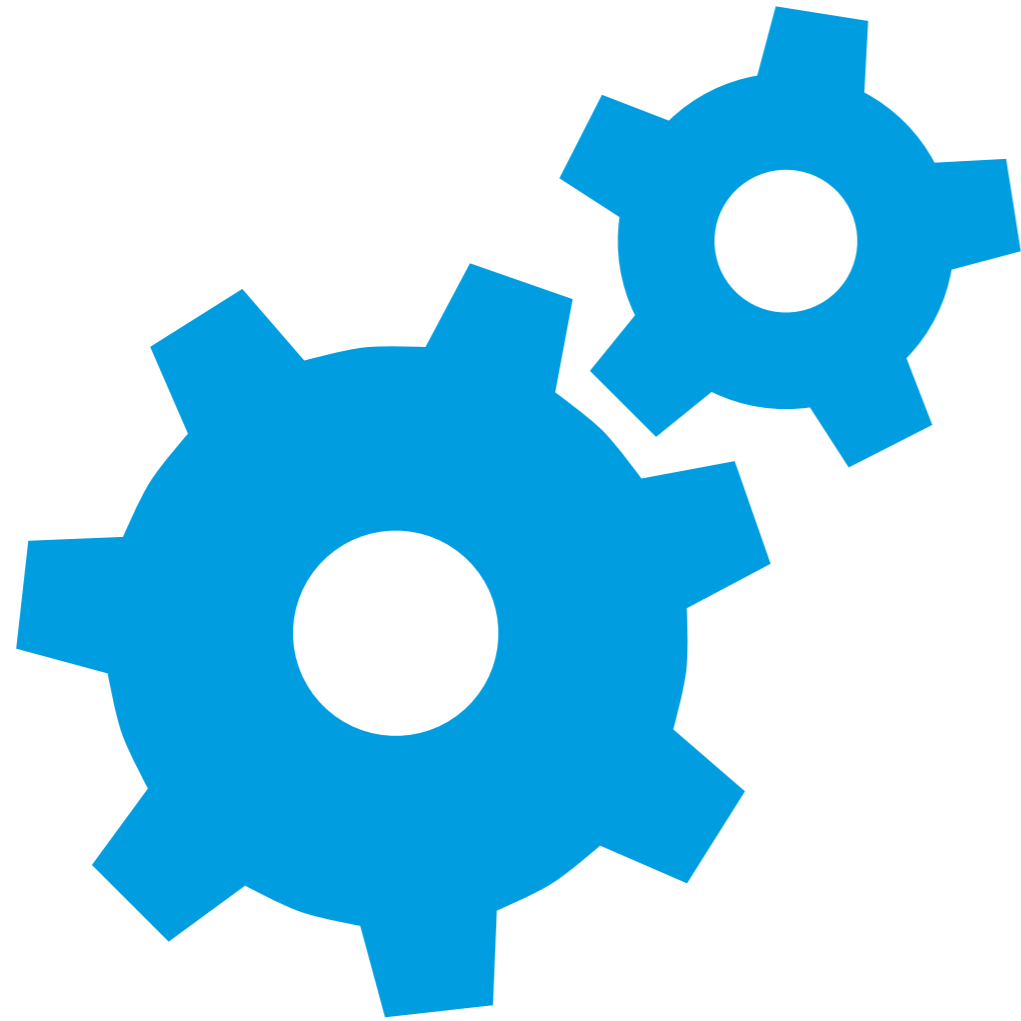
Für die Zukunft ist es besonders wichtig, das Bewusstsein der Bevölkerung über mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit durch Umwelteinflüsse zu schärfen, insbesondere bei anfälligen Bevölkerungsgruppen wie älteren Menschen.

Außerdem sollten die in Bozen bereits bestehenden und erfolgreich umgesetzten Maßnahmen gegen Hitzestress, wie z.B. das Hitzewarnsystem, auch auf andere Gemeinden Südtirols ausgeweitet werden, die ebenfalls von der Problematik betroffen sind. Der Klimawandel kann in Zukunft zu einer größeren Belastung für die Gesundheit der ansässigen Bevölkerung werden. Wenn sich sowohl die Behörden als auch die Bevölkerung bewusst mit dem Thema auseinandersetzen, kann durch gezielte und koordinierte Maßnahmen den negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit erfolgreich entgegengewirkt werden.

03




03 Mit den wärmeren Durchschnittstemperaturen breiten sich zunehmend krankheitsübertragende Insekten aus, bspw. die Tigermücke (oben) und die Zecke (unten). Fotos: Thinkstock



an
pas
sung

Lydia Pedoth
Marc Zebisch
Sylvia Pinzger

In diesem Kapitel

Im Umgang mit dem Klimawandel gilt es, einerseits Maßnahmen zum Klimaschutz zu ergreifen, andererseits Maßnahmen, um die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels so weit wie möglich abzuschwächen. Anpassungsstrategien müssen immer sektorenübergreifend angedacht und angesetzt werden.

Was für die Energiewirtschaft gut ist, kann der Landwirtschaft zum Nachteil gereichen.

Anpassungsmaßnahmen lassen sich in vier Kategorien unterteilen: 1) technische, 2) politisch-institutionelle, 3) kommunikative und 4) wissenschaftliche. 1) Vor allem technische Maßnahmen wie Verbauungen gegen Naturgefahren oder der Einsatz von Schneekanonen sind in Südtirol bereits sehr ausgereift, auch wenn sie nicht als direkte Reaktion auf den Klimawandel geplant wurden. 2) Auf politisch-institutioneller Ebene hingegen fehlen derzeit noch sektorenübergreifende Maßnahmen und Strategien, die sich mit dem Klimawandel auseinandersetzen. 3) In Sachen Kommunikation gilt es einerseits die Südtiroler Bevölkerung aufzuklären, andererseits die entsprechenden Interessensvertreter und lokalen Institutionen laufend in die Diskussion mit einzubinden. 4) Außerdem muss der Wissensstand zu den lokalen Auswirkungen des Klimawandels kontinuierlich ausgebaut werden.

Noch gibt es keine klare Anpassungsstrategie für Südtirol an den Klimawandel, dafür aber viele einzelne Maßnahmen in den unterschiedlichen Sektoren. Ziel sollte es nun sein, die Anpassung an den Klimawandel auf die politische Agenda zu setzen und sektorenübergreifend zu koordinieren. Hierfür muss ein Verantwortlicher festgelegt werden. Dies kann ein Amt sein, eine neue Abteilung, aber auch eine sektorenübergreifende Arbeitsgruppe.

☁ Was ist Anpassung?

Der Umgang mit Klimawandel erfordert ein zweigleisiges Handeln. Zum einen gilt es, Maßnahmen zum Klimaschutz zu ergreifen, um die Emissionen von Treibhausgasen zu verringern, zum anderen sind Anpassungsmaßnahmen erforderlich, um die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels zu bewältigen. In dem 2009 erschienenen Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: ein europäischer Aktionsrahmen“ fordert die Europäische Kommission die einzelnen Mitgliedsstaaten auf, nationale Anpassungsstrategien zu entwickeln und betont, wie wichtig es ist, auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene zu handeln und Entscheidungen zu treffen (1).

☁ Prinzipien von Anpassung

Anpassung sollte dem Vorsorgeprinzip folgen. Anpassung kann kostspielig und komplex sein, ist aber weniger kostspielig als nicht zu handeln oder auf bereits eingetretene Ereignisse zu reagieren. (2/3/4).

Da der Klimawandel sowohl lokale und regionale Auswirkungen hat als auch zu grenzüberschreitenden Veränderungen führt, muss die Anpassung auch alle diese verschiedenen Ebenen miteinbeziehen, angefangen von der EU über die einzelnen Staaten bis hin zu den Regionen und Gemeinden. Neben dem Aspekt der vertikalen Koordination zwischen verschiedenen Ebenen erfordert Anpassung auch eine horizontale Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Sektoren. Bestimmte Anpassungsmaßnahmen erfolgen innerhalb eines Sektors wie z.B. Landwirtschaft oder Tourismus, aber es bedarf auch sektorenübergreifender Maßnahmen wie z.B. der Raumplanung, die die Entwicklung einer Region steuern kann.

Bei der Planung von Anpassungsstrategien und insbesondere im Hinblick auf deren Umsetzung ist es besonders wichtig, nicht nur auf institutioneller Ebene zu agieren, sondern auch die verschiedenen Interessensvertreter mit einzubeziehen.

Wenn es darum geht, zu entscheiden, welche Art von Anpassungsmaßnahmen angesetzt werden, sollten jene den Vorrang erhalten, die ungeachtet der Unsicherheit künftiger Klimawandel-Prognosen soziale und/oder wirtschaftliche Nettovorteile bringen (*No-regret*-Maßnahmen). Priorität sollte auch jenen Maßnahmen eingeräumt werden, die sowohl unter Klimaschutz- als auch unter

Anpassungsgesichtspunkten von Vorteil sind (1). Bei der Betrachtung verschiedener Maßnahmen ist es wichtig, auch ihre möglichen Nebeneffekte zu berücksichtigen und die Wechselwirkung verschiedener Maßnahmen untereinander zu analysieren. So hat etwa der Einsatz von Schneekanonen Auswirkungen auf den Wasserbedarf und die Wasserverfügbarkeit.

Ein geplanter und koordinierter Ansatz ermöglicht es außerdem, positive Nebeneffekte zu erkennen und einen Vorteil oder Chancen aus den durch den Klimawandel herbeigeführten Veränderungen zu ziehen (5).

Der Weg hin zu einer Anpassungsstrategie lässt sich wie jeder *Policy-Making*-Prozess in vier verschiedene aufeinanderfolgende Phasen aufteilen: 1) *Agenda Setting* (das Thema auf die politische Agenda setzen), 2) *Policy Formulation* (die Strategie ausarbeiten), 3) *Umsetzung* und 4) *Evaluierung* (6). In Bezug auf Anpassung ist die Evaluierungsphase besonders wichtig, da sie normalerweise nicht ausführlich genug berücksichtigt wird.

Als letztes wichtiges Prinzip ist es notwendig, das bereits bestehende System zu berücksichtigen. Es gilt, zu untersuchen, ob und in welcher Art und Weise bereits vorhandene Strategien und Strukturen zur Anpassung an den Klimawandel eingesetzt werden können, z.B. was gibt es bereits in der Raumplanung, was in der Prävention von Naturgefahren? Anpassung heißt nicht nur, neue Strategien und Maßnahmen umzusetzen, sondern vor allem den Klimawandel in das bestehende System zu integrieren oder vorhandene Strategien oder Strukturen den neuen Bedürfnissen anzupassen.

☁ Arten von Maßnahmen zur Anpassung

Die Möglichkeiten zur Anpassung werden von den generellen Rahmenbedingungen bestimmt.

Dazu gehören z.B. eine gute ökonomische Ausgangslage und der Stand der Technologie einer Region. Beide helfen, Kosten von Anpassung zu tragen und das technische Wissen für das Umsetzen von Maßnahmen bereitzustellen. Ein weiterer Aspekt, der Anpassung fördern kann, ist eine gut funktionierende Verwaltungsstruktur oder ein starkes Bewusstsein von Seiten der Bevölkerung gegenüber umweltrelevanten Themen.

Die Maßnahmen zur Anpassung haben wir im Projekt „Klimawandel in Südtirol – wie empfindlich sind wir?“ in vier Gruppen aufgeteilt:

1. Technische Maßnahmen

Anpassung beinhaltet strukturelle Maßnahmen wie z.B. Verbauungen zum Schutz vor Naturgefahren und technische Maßnahmen wie z.B. die Verbesserung des Bewässerungssystems in der Landwirtschaft. Allgemein ist in diesem Bereich schon viel umgesetzt.

2. Politisch/institutionell und organisatorisch

Politische Institutionen spielen eine wichtige Rolle bei der Information und dem Setzen von Rahmenbedingungen für eine effektive und koordinierte Anpassung (3). In diese Kategorie fallen Gesetze, Verordnungen oder Richtlinien wie z.B. die Gefahrenzonenplanung, aber auch finanzielle Förderungen für Anpassungsmaßnahmen. Ein wichtiger Aspekt sind außerdem Maßnahmen, die Zusammenarbeit und Koordination im Umgang mit Klimawandel innerhalb von Institutionen fördern wie z.B. eine sektorenübergreifende Strategie zur Anpassung an den Klimawandel.

3. Kommunikation

Im Umgang mit Klimawandel spielt die Kommunikation eine wichtige Rolle. Sie beinhaltet Bereiche wie die Bewusstseinsbildung und das Fördern einer nachhaltigen Risikokultur in der Bevölkerung oder das Einbinden von Interessensträgern im Umgang mit Klimawandel. Auch die Kommunikation auf horizontaler Ebene zwischen verschiedenen Sektoren innerhalb der Verwaltung oder zwischen öffentlichen und privaten Einrichtungen ist besonders wichtig für den Anpassungsprozess und ein erfolgreiches Umsetzen von Anpassungsmaßnahmen.

4. Wissen und Forschung

Hochwertige Informationen über Klimawandel und dessen Auswirkungen sind eine wichtige Voraussetzung, um Langzeitstrategien erarbeiten zu können und um betroffenen Sektoren oder Bevölkerungsgruppen zu helfen (4). In diesen Bereich fallen Maßnahmen zur Förderung von Forschungsprojekten, um die Datenlage und den Wissensstand zu verbessern und Veränderungen zu überwachen, aber auch Initiativen, die den Austausch zwischen Forschung und Praxis fördern.

Hindernisse

Sowohl in den Rahmenbedingungen als auch bei der Umsetzung der Maßnahmen selbst können der Anpassung Hindernisse in den Weg gestellt werden, etwa fehlende finanzielle Mittel, fehlendes Personal oder Mangel an Experten auf diesem Gebiet sowie fehlende technische Voraussetzungen.

Des Weiteren können Anpassungsstrategien am fehlenden Willen, fehlenden Bewusstsein von Entscheidungsträgern, Anpassung zu

fördern oder an der Skepsis dem Thema gegenüber scheitern. Da die langfristigen positiven Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen oft nicht eindeutig und klar definiert werden können, die Kosten aber in der Gegenwart getragen werden müssen, sind die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen politisch schwierig zu begründen (2/6). Außerdem können bestehende Gesetze und Regelungen Anpassung einschränken. Fehlende Zusammenarbeit zwischen verschiedenen politischen Akteuren und sektorales Denken kann dazu führen, dass Synergien nicht erkannt werden und die Umsetzung von Anpassung behindert wird.

Eine fehlende Kommunikation zwischen den Sektoren oder verschiedenen Verwaltungsebenen behindert das Erarbeiten von Anpassungsstrategien. Im Bereich der Umsetzung können v.a. fehlendes Bewusstsein der Bevölkerung oder fehlende Kommunikation die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen erschweren.

Mangelnde Gewissheit und Sicherheit in Bezug auf Klimaszenarien, lokale Auswirkungen des Klimawandels und Kosten und Nutzen von Maßnahmen können ein Hindernis für Anpassung darstellen. Zusätzlich fehlt oft ein direkter Austausch zwischen Forschung und Praxis sowie Forschung und Politik, wodurch wissenschaftliche Daten und Ergebnisse oft nicht in die Praxis umgesetzt werden.

Anpassung in Südtirol

Südtirol verfügt über gute Rahmenbedingungen für die Anpassung an den Klimawandel. Dazu gehören die stabile ökonomische Situation, der hohe technologische Standard und die generell gut funktionierende Verwaltungsstruktur. Zusätzlich fördern und ermöglichen das Autonomiestatut und die daraus resultierenden zusätzlichen Kompetenzen in vielen Bereichen das Umsetzen von maßgeschneiderten Strategien. Daraus ergibt sich ein relativ hohes Anpassungspotenzial gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels.

Gleichzeitig gibt es aber auch Hindernisse, die den Anpassungsprozess erschweren.

Auch wenn das Thema Klimawandel in den letzten Jahren in Südtirol an Bedeutung gewonnen hat, besteht oft noch Skepsis von Seiten der Entscheidungsträger und Interessensvertreter dem Thema gegenüber oder es fehlt der Wille, gezielte Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen und zu fördern. Bis heute fehlt es in Südtirol an einer übergeordneten und sektorenübergreifenden Anpassungsstrategie, die das Thema Klimawandel explizit anspricht, den Rahmen und die Ziele für den Umgang mit Klimawandel festlegt und den Prozess der Anpassung koordiniert.

Der Klimawandel betrifft alle Sektoren. Innerhalb der Verwaltungsstruktur gibt es aber noch keine Einrichtung, die als Schnittstelle

ABB

01 Im März 2011 haben Experten aus Forschung und Praxis gemeinsam mit Vertretern der Provinz über mögliche Anpassungsmaßnahmen und deren Umsetzung in Südtirol diskutiert. Foto: EURAC

01



fungiert und für das Thema verantwortlich ist. Die Workshops mit Experten und Vertretern der Provinz ergaben, dass es oft an Zusammenarbeit und Informationsaustausch innerhalb der Verwaltung fehlt. Die Zuständigkeit ist meist auf verschiedene Abteilungen und Ämter aufgeteilt oder auf verschiedenen Ebenen angesiedelt (z.B. Gemeinde und Provinz). Ein gutes Beispiel dafür ist die Wasserwirtschaft: die Vorhersage von Niederschlagsereignissen liegt beim Hydrographischen Amt, für die Vergabe von Wasserkonzessionen ist die Abteilung Wasser und Energie zuständig, gleichzeitig betrifft sie aber auch die Abteilungen Land- und Forstwirtschaft sowie Tourismus. Für den Schutz vor Fluten ist das Amt für Wildbach- und Lawinerverbauung verantwortlich und im Falle von Extremereignissen kommt der Zivilschutz zum Einsatz. Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig es ist, sektorenübergreifend zu denken.

Auch die bereits angesprochene Unsicherheit von Klimaszenarien, insbesondere im Bereich Niederschläge und Wetterextreme, be-

hindern und erschweren oft die Entscheidung, ob und welche Maßnahmen unternommen werden sollen. Wie auch in anderen Bereichen (Wirtschaft, Bevölkerung) gilt es, hier Anpassungs- und Entscheidungsstrategien auch unter Unsicherheit zu entwickeln.

Zudem hat der Workshop mit Experten gezeigt, dass der Austausch zwischen Forschung und Praxis oftmals ungenügend ist. Forschungsergebnisse sollten an die Praxis kommuniziert werden und in konkrete Empfehlungen für Entscheidungsträger münden.

Bei Anpassungsmaßnahmen kann man zwischen expliziten und impliziten Maßnahmen unterscheiden. Explizite Maßnahmen sind solche, die bewusst gegen die Folgen des Klimawandels getroffen und umgesetzt werden. Implizite Maßnahmen hingegen werden nicht als direkte Antwort auf den Klimawandel geplant, sondern auf Wetterereignisse im Allgemeinen. Sie tragen dennoch dazu bei, sich an den Klimawandel und seine Folgen anzupassen.



02

ABB

02 Traditionelles Wissen zum Umgang mit Naturgefahren spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Risiko-präventionsstrategien. Foto: Glowimages Direct, LLC

Im März 2011 haben Experten aus Forschung und Praxis gemeinsam mit Vertretern der Provinz über mögliche Anpassungsmaßnahmen und deren Umsetzung in Südtirol diskutiert. Die Teilnehmer waren aufgefordert, mit Punkten zu bewerten, ob in den jeweiligen Sektoren bereits Maßnahmen in Planung sind oder umgesetzt wurden. Die Ergebnisse dieser Experteneinschätzung zeigen, dass es in Südtirol bereits viele implizite Maßnahmen und Strategien gibt, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Die Strategie für einen stabilen Wald mit standortgerechter Baumzusammensetzung und ausgeglichener Altersstruktur stellt z.B. die beste Anpassung gegen Klimaveränderungen dar (vgl. Kapitel Forstwirtschaft S. 54).

Ein weiteres Beispiel ist die Gefahrenzonenplanung, die nicht als Reaktion auf den Klimawandel gedacht ist, die aber auf vom Klimawandel verursachte Veränderungen reagieren kann (vgl. Kapitel Naturgefahren S. 60). Auch die Strategie der Südtiroler Tourismusbranche, verstärkt auf die Halbjahreszeiten zu setzen (z.B. durch das Törggelen) und neue wetterunabhängige Aktivitäten zu fördern (vgl. Kapitel Tourismus S. 68), wird es dem Sektor ermöglichen, besser mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wintertourismus umzugehen, insbesondere bei Schneeunsicherheit.

Gleichzeitig sind laut Experteneinschätzung noch kaum explizite Maßnahmen als Antwort auf den Klimawandel umgesetzt worden. Die Expertendiskussion ergab, dass in einigen Sektoren wie Forstwirtschaft, Naturgefahren und Wasserwirtschaft Anpassungsmaßnahmen geplant, aber noch in keinem der behandelten Sektoren Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel umgesetzt worden sind. Außerdem merkten die Workshop-Teilnehmer an, dass besonders im Bereich der sektorenübergreifenden Maßnahmen Handlungsbedarf bestünde. Alle Experten bewerteten die sektorenübergreifenden Maßnahmen als besonders wichtig.

Die Diskussion über die verschiedenen Arten von Anpassungsmaßnahmen und deren Umsetzung in Südtirol hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- In Südtirol wurde in der Vergangenheit besonders auf technische Anpassungsmaßnahmen gesetzt, z.B. die Verbauungen gegen Naturgefahren, der Einsatz von Schneekanonen oder das Errichten von Wasserreservoirs. Außerdem verfügt das Land über ein gut ausgebautes und funktionierendes Überwachungs- und Monitorsystem, z.B. Pegelstandmessungen, Sensoren und Webkameras für die Überwachung von Naturgefahren oder ein Vorher-

sage- und Warnsystem für Hitzewellen. In Zukunft sollte der Klimawandel bei der Planung und dem Bau von technischen Infrastrukturen wie Dämmen berücksichtigt und die Nebeneffekte und Wechselwirkungen von Maßnahmen hinsichtlich zukünftiger Veränderungen in Betracht gezogen werden.

- Auf institutioneller Ebene fehlt es noch an sektorenübergreifenden Maßnahmen und Strategien. Im Bereich der Kommunikation und des Austauschs innerhalb der Verwaltung besteht noch Handlungsbedarf. Außerdem ist der Klimawandel meist nicht Teil von Entwicklungsstrategien oder von Förderkriterien.
- Anpassung erfordert ein gemeinsames Handeln verschiedener Akteure. In Südtirol gibt es bereits einige gute Beispiele für die Einbindung von Interessensvertretern wie den Etschdialog, (vgl. Kapitel Wasserwirtschaft S. 38) der die Zusammenarbeit für eine nachhaltige Wassernutzung fördern soll, sich aber noch nicht mit dem Thema Klimawandel auseinandersetzt. Das Thema Klimawandel sollte bewusst in solche Initiativen aufgenommen werden. In anderen Bereichen wie z.B. dem Tourismus fehlen Initiativen, die auf eine Abstimmung zwischen den verschiedenen Sektoren und Akteuren der Tourismusbranche (Betreiber, Hotelbesitzer, Vertreter der Gemeinden und der Provinz) abzielen.

- Risikobewusstsein und Risikokommunikation sind zentrale Elemente im Umgang mit dem Klimawandel. Im Alpenraum hat man schon seit jeher gelernt mit Naturgefahren zu leben und war sich der Gefahr bewusst. Durch Schutzmaßnahmen wie Verbauungen hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten im gesamten Alpenraum – so auch in Südtirol – eine Risikokultur entwickelt, die uns teilweise in falscher Sicherheit wiegt. Dabei kann man sich immer nur bis zu einem bestimmten Grad schützen. Dies gilt es in Zukunft auch zu vermitteln, um die Eigenverantwortung zu stärken. In Südtirol werden bereits verschiedene Initiativen in diesem Bereich gefördert, z.B. Projekte zur Bewusstseinsbildung in Schulen oder Informationskampagnen. In Zukunft sollte verstärkt auf Bewusstseinsbildung und Risikokommunikation gesetzt werden.
- Um sich an den Klimawandel anzupassen, muss man sich laufend Wissen über mögliche Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten aneignen. In den letzten Jahren haben sich die Forschungseinrichtungen des Landes und die Provinz in Studien und Projekten (z.B. dieses von der Provinz geförderte Projekt oder Interreg-Projekte wie Permanet, AdaptAlp oder CLISP) mit dem Thema auseinandergesetzt. Sie gehören weiterhin ausgebaut, um die lokalen Auswirkungen des Klimawandels

dels besser einschätzen zu können. Zusätzlich sollte die Zusammenarbeit und der Wissensaustausch zwischen Forschung und Praxis verstärkt werden.

☁ Der Weg zur Anpassungsstrategie

Ziel des Projekts „Klimawandel in Südtirol – wie empfindlich sind wir?“ war es u.a. einen Prozess anzustoßen, an dessen Ende eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel für Südtirol steht. Südtirol verfügt nämlich über gute Rahmenbedingungen, aber dies allein genügt nicht. Vorausschauend geplante und koordinierte Anpassungsstrategien können die negativen Auswirkungen des Klimawandels abschwächen und Vorteile besser zur Geltung kommen lassen wie z.B. längere Vegetationsperioden in der Landwirtschaft oder ein wachsendes Potenzial für bestimmte Tourismusformen.

Der erste wichtige Schritt auf dem Weg hin zu einer Anpassungsstrategie ist, das Thema bewusst auf die politische Agenda zu setzen. Damit wird klar kommuniziert: Wir wissen, dass Klimawandel stattfindet. Wir wollen uns damit auseinandersetzen und gemeinsam handeln.

Gleichzeitig ist es wichtig festzulegen, wer für das Thema Klimawandel zuständig ist und bei wem die Verantwortung und die Koordination liegen. Das kann von einem bereits bestehenden Amt übernommen werden, von einer neuen Abteilung oder auch von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe mit Vertretern aus verschiedenen Ämtern. In Deutschland z.B. wurde eine interministerielle „Arbeitsgruppe zum Thema Klimawandel“ gegründet und in Nordhessen gibt es die Figur des Klimaanpassungsbeauftragten für die Koordination zwischen den verschiedenen involvierten Bereichen und Akteuren.

Andere europäische Länder haben bereits eine Anpassungsstrategie verabschiedet oder arbeiten gerade daran (vgl. Infobox S. 97). Die bereits bestehenden Strategien und die Erfahrungen anderer Länder zeigen, dass in der Phase der Ausarbeitung einer Anpassungsstrategie folgende Aspekte besonders wichtig sind:

- eine fundierte Wissensbasis in Form von Studien über lokale Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsoptionen;
- die sektorenübergreifende Zusammenarbeit;
- das Einbinden von Interessensvertretern und lokalen Institutionen, z.B. in Form von Workshops oder Diskussionsrunden;
- der Austausch mit Forschern und Experten.

Eine Anpassungsstrategie sollte sowohl allgemeine Ziele und Maßnahmen festlegen als auch konkrete Handlungsfelder und Aktivitäten in spezifischen Bereichen vorsehen.

Beim Erstellen einer Strategie ist es neben dem Ausarbeiten von neuen Ansätzen wichtig, das Potenzial von bestehenden Instrumenten in Hinsicht auf Anpassung zu erkennen und aususchöpfen. So kann z.B. die Raumplanung viel zur Anpassung an den Klimawandel beitragen. Das Anlegen von Grünflächen bei der Städteplanung trägt etwa dazu bei, das Entstehen von urbanen Hitzeinseln zu vermeiden.

Anpassung ist ein kontinuierlicher Prozess. Deshalb ist es besonders wichtig, in regelmäßigen Abständen die Auswirkungen, die Effizienz und die Kosten von Anpassungsmaßnahmen zu untersuchen und zu evaluieren und die Ergebnisse in den Anpassungsprozess einzubinden.

☁ Abschließend

Die interdisziplinäre Arbeit im Projekt und die Diskussion mit den Experten während der Workshops haben aufgezeigt, dass der Klimawandel für die meisten Sektoren und für die Region *eine* Herausforderung von vielen darstellt, neben den sozioökonomischen Veränderungen, dem demografischen Wandel, den neuen Gegebenheiten des globalen Markts, um nur einige zu nennen. Wenn es also um die Entwicklung der Region geht, sollte der Klimawandel bei der strategischen Zukunftsplanung als Antwort auf künftige Veränderungen auch eine Rolle spielen.

Für eine erfolgreiche Anpassung ist es wichtig, dem Thema gegenüber offen zu sein, bestehende Prozesse zu verändern und sektorales Denken zu überwinden. Dieser Herausforderung haben sich in den letzten Jahren auch andere Länder und Regionen gestellt, indem sie bereits eine Anpassungsstrategie verabschiedet haben oder derzeit daran arbeiten (vgl. Infobox S. 97). In Italien könnte Südtirol eine Vorreiterrolle spielen, da es sowohl auf nationaler Ebene als auch von Seiten einiger Regionen zwar Studien über Auswirkungen und mögliche Anpassungsmaßnahmen gibt, aber noch keine offizielle Anpassungsstrategie verabschiedet wurde.

Die Anpassung an den Klimawandel befindet sich in Südtirol im Anfangsstadium. Es gilt, nun an einer lokalen Anpassungsstrategie zu arbeiten und vorausschauend gemeinsam zu handeln.

Nationale und internationale Anpassungsstrategien

Das Thema Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel wurde in den letzten Jahren sowohl auf internationaler Ebene als auch von Seiten der europäischen Länder auf die politische Agenda gesetzt.

Die Europäische Union richtete im Jahr 2005 eine Arbeitsgruppe ein, die sich mit den Auswirkungen und Anpassungsoptionen an den Klimawandel auseinandersetzt. Sie präsentierte im April 2009 ein Weißbuch, das den europäischen Aktionsrahmen zur Anpassung an den Klimawandel absteckt und die einzelnen Mitgliedsstaaten auffordert, Anpassungsstrategien zu entwickeln. In einem zweiten Schritt soll bis 2013 eine umfassende europäische Klimawandel-Anpassungsstrategie entstehen (1).

Verschiedene europäische Länder haben bereits eine nationale Anpassungsstrategie verabschiedet oder arbeiten gerade daran. **Deutschland** hat im Dezember 2008 eine offizielle nationale Anpassungsstrategie verabschiedet. Die Strategie ist das Ergebnis einer interministeriellen Arbeitsgruppe, in der alle Ressorts vertreten sind. Die Strategie sieht zudem die Errichtung eines Kompetenzzentrums für Klimafolgen und Anpassung innerhalb des Umweltbundesamtes vor (7). Aufbauend auf diese Strategie wurde am 31. August 2011 der „Aktionsplan Anpassung“ vom Bundeskabinett beschlossen, der konkrete Anpassungsmaßnahmen und Aktivitäten beinhaltet und einen Evaluierungsprozess innerhalb 2014 vorsieht (8).

Auch auf regionaler Ebene gibt es bereits Beispiele von Anpassungsstrategien. Der Bayerische Ministerrat hat im Juni 2008 die Interministerielle Arbeitsgruppe „Klimaschutz“ beauftragt, einen Vorschlag für eine „Bayerische Anpassungsstrategie“ (BayKLAS) an die Folgen des Klimawandels zu erarbeiten. Das Ergebnis ist die im September 2009 verabschiedete Bayerische Anpassungsstrategie (9).

Österreich arbeitet seit 2007 an einer nationalen Anpassungsstrategie. Unter der Leitung des Lebensministeriums wurden mehrere Workshops mit Vertretern aus Wissenschaft, Verwaltung, Interessensvertretungen und Umweltorganisationen abgehalten und Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet. In einem interaktiven Beteiligungsprozess konnte die Öffentlichkeit und Experten dazu Stellung nehmen. Daraus entstand als erstes wichtiges strategisches Papier das *Policy Paper*

„Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie“. Eine politisch verbindliche und vom Ministerrat verabschiedete Anpassungsstrategie für Österreich ist für die erste Hälfte von 2012 geplant (10/11/12).

In der **Schweiz** hat der Bundesrat das BAFU beauftragt, gemeinsam mit den anderen Bundesämtern eine Anpassungsstrategie zu erarbeiten. In den involvierten Ämtern wurden kleine Arbeitsgruppen für die Ausarbeitung von Teilstrategien für die verschiedenen Sektoren gebildet. Der Entwurf der Schweizer Anpassungsstrategie soll bis Ende 2011 vorgelegt werden. Experten aus der Forschung, Verbände und Kantone können dazu Stellung nehmen. Die Strategie wird dann für die Kantone wirksam, die darauf aufbauend regionale Maßnahmen ausarbeiten sollen (13).

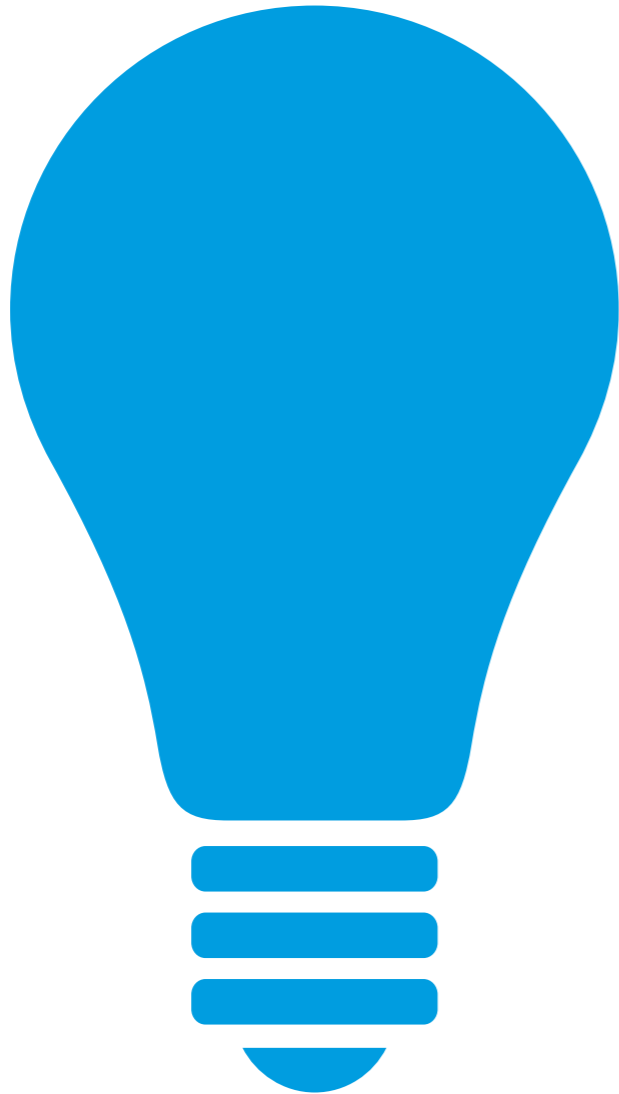
Sowohl der Prozess hin zu einer Anpassungsstrategie als auch der Aufbau und die Inhalte der jeweiligen Strategien sind je nach Land und Region verschieden, aber es finden sich in allen folgenden wichtige Aspekte wieder:

- eine sektorenübergreifende Zusammenarbeit, meist in Form von Arbeitsgruppen mit Vertretern aus verschiedenen Ämtern oder Abteilungen;
- die Einbindung von Experten und Interessensvertretern;
- ein erster einleitender Teil über die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels und ein zweiter Teil zu Anpassung und möglichen Anpassungsoptionen;
- inhaltlich werden sowohl allgemeine Ziele von Anpassung als auch konkrete Anpassungsmaßnahmen für die unterschiedlichen Sektoren aufgezeigt, beispielsweise die Forcierung des Gefahrenbewusstseins in touristisch sehr intensiv genutzten Regionen durch gezielte Informationskampagnen, wie die (verpflichtende) Übergabe von Informationsfoldern über Naturgefahren in der Urlaubsregion bei der Anmeldung am Urlaubsort (10).

Eine Anpassungsstrategie sollte sich auch mit der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen auseinandersetzen. Die österreichischen Handlungsempfehlungen versuchen dies z.B., indem sie die verschiedenen Maßnahmen priorisieren und für jede Maßnahme den Bezug zu bereits bestehenden Instrumenten herstellen. Gleichzeitig zeigen sie weitere Implementierungserfordernisse auf, so etwa für den Bereich Schutz vor Naturgefahren, die rechtsverbindliche Verankerung der Gefahrenzonenplanung im Raumordnungsrecht und den Baugesetzen der Länder. Abschließend wird betont, welche Akteure (z.B. Bund, Länder oder Gemeinden) für die jeweilige Maßnahme verantwortlich sein sollten und in welchem Zeitraum die Umsetzung erfolgen soll.

fazit

*Marc Zebisch
Lydia Pedoth
Georg Niedrist*



10

Die Alpen, und damit auch Südtirol, sind in besonderem Maße dem Klimawandel ausgesetzt. In den Alpen fiel die Erwärmung in den letzten 100 Jahren mit +2°C doppelt so stark aus wie im europäischen Durchschnitt. An der Station Bozen hat sich die Jahresdurchschnittstemperatur in den letzten 30 Jahren um +1,5°C erhöht. Auch in Zukunft ist mit einem weiteren Anstieg der Temperaturen zu rechnen. Laut verschiedener Klimaszenarien könnten die Temperaturen bis 2050 um weitere +1,2°C bis +2,7°C steigen. Niederschläge werden künftig im Winter vermehrt als Regen und nicht als Schnee fallen. Außerdem ist mit einer Zunahme von Extremen (Hitzetage, Starkregen, Stürme usw.) zu rechnen. Allerdings sind die Aussagen zu Wetterextremen relativ unsicher, worauf in der Planung von Anpassungsmaßnahmen Rücksicht zu nehmen ist.

Sensitivität

Südtirol hängt in vielerlei Hinsicht in überdurchschnittlichem Maße von Wetter und Klima ab und ist damit besonders sensitiv gegenüber dem Klimawandel.

Zum einen ergibt sich die hohe Sensitivität gegenüber dem Klimawandel aus den natürlichen Gegebenheiten einer alpinen Region. Dazu gehören die gegenüber Klimaschwankungen anfälligen Gletscher sowie die Schneebedeckung im Winter. Auch die Naturgefahren, die direkt von Wetter und Klima abhängen, bzw. von Wetterextremen ausgelöst werden (Hochwasserereignisse, Muren und Rutschungen, Steinschläge und Felsstürze sowie Lawinen) sind typische Eigenschaften einer alpinen Region. Ein weiterer Punkt, der zur Sensitivität beiträgt, ist das in Teilen Südtirols vorherrschende sehr trockene Klima (vor allem im Vinschgau, am Tschöggelberg, am Ritten), das in erster Linie der Landwirtschaft zu schaffen macht.

Zum anderen weist Südtirol eine Wirtschaftsstruktur auf, die in überdurchschnittlichem Maße von Wetter und Klima abhängig ist.

- Die in Südtirol im europäischen Vergleich verhältnismäßig stark ausgeprägte **Landwirtschaft** ist stark abhängig von Temperatur und Niederschlag. Kritisch ist hier u.a. der hohe Wasserbedarf von Obstkulturen sowie von intensiv genutzten Grünlandflächen, der vielerorts nur durch Bewässerung zu decken ist.
- Einer der wichtigsten Wirtschaftssektoren in Südtirol ist der **Tourismus** mit einem geschätzten Jahresumsatz von 3 Milliarden Euro und einem Anteil von ca. 12 % an der Wertschöpfung. Sowohl der Wintertourismus als auch der Sommertourismus hängen direkt von Wetter und Klima ab. Während der Sommertourismus vom Gunstlima Südtirols profitiert (viele Sonnentage) ist der Wintertourismus bereits heute durch die potenzielle Schneearmut Südtirols gefordert, was zu einem weitreichenden Ausbau von Beschneiungsanlagen geführt hat.
- Der hohe Anteil an **Energie** aus Wasserkraft trägt zu einer günstigen Klimabilanz Südtirols bei. Andererseits hängt die Wasserkraft stark von Niederschlägen sowie von der Funktion von Schnee und Gletschern als Wasserspeicher ab.

Vom Klimawandel prinzipiell unabhängige Entwicklungen verstärken die Sensitivität gegenüber dem Klimawandel.

- In Südtirol ist sicherer Dauersiedlungsraum knapp (nur ca. 8 % der Landesfläche). Dennoch hat sich in vielen Gemeinden seit 1950 die Siedlungsfläche mehr als verdoppelt. Dazu kommen neue Straßen, Schienen sowie die touristischen Infrastrukturen der Skigebiete. Damit hat sich das bebaute Gebiet in Lagen ausgedehnt, die potenziell von Naturgefahren bedroht sind und ohne technischen Schutz nicht zu nutzen wären.
- Der Wasserbedarf steigt ständig und wird vermutlich weiter steigen. In der Landwirtschaft werden neue Bewässerungsanlagen eingerichtet und geplant, auch in Gebieten, die früher nicht bewässert wurden. In den Skigebieten erhöht sich der Wasserbedarf durch neue Beschneiungsanlagen, der Trinkwasserbedarf steigt ebenfalls.
- Die Anzahl der älteren Bevölkerungsgruppe nimmt zu in den Städten. Gerade in Bozen wächst die Gefährdung der Gesundheit dieser Bevölkerungsgruppe durch Hitzewellen im Sommer.

Im letzten Jahrzehnt gab es immer wieder heiße und trockene Jahre (z.B. 2003), die erahnen lassen, welche Auswirkungen der Klimawandel in Südtirol haben kann. So kam es vermehrt zu Ernteeinbußen, neuartigen Waldschäden durch Trockenheit (Kiefernsterben), Problemen in der Wasserversorgung, Rückgänge in der Energiegewinnung aus Wasserkraft um bis zu 10 % sowie zu Gesundheitsproblemen durch Hitze, vor allem in den städtischen Ballungszentren. Das Jahr 2010 wies etwa in Bozen mit 20 der gesundheitsbelastenden „tropischen Nächten“ (Minimaltemperatur > 20°C) einen neuen Rekord auf.

Mögliche Auswirkungen

- **Temperaturanstieg:** Die Gletscher Südtirols werden weiter zurückgehen, auch die Schneebedeckung nimmt ab. Das hat Auswirkungen auf den Skitourismus. Die Schneesicherheit tieferliegender Skigebiete (unterhalb von 1800 m) sowie der Sommerskigebiete auf den Gletschern wird zunehmend gefährdet sein. Die hohen Temperaturen belasten direkt die Gesundheit, vor allem in den großen Städten und im Unterland. Hohe Temperaturen in Verbindung mit Trockenheit führen zu direkten Schäden an der Vegetation mit Konsequenzen für Land- und Forstwirtschaft und erhöhen die Waldbrandgefahr. Auch die Gefahr von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall nimmt zu. Zecken und andere Krankheiten übertragende Insekten breiten sich aus. Auf der anderen Seite kann die Landwirtschaft in höheren Lagen von höheren Temperaturen profitieren, sofern die Wasserversorgung gesichert ist. Auch für den alpinen Sommertourismus können höhere Temperaturen durchaus von Vorteil sein, u.a. weil dadurch andere typische Sommerdestinationen (Mittelmeerraum) an Attraktivität verlieren.
- **Veränderungen im Wasserhaushalt:** Durch den Klimawandel wird mit einem Rückgang der Wasserverfügbarkeit im Sommer gerechnet, verursacht durch höhere Verdunstungsverluste im Sommer und weniger Wasser, das in Form von Schnee gespei-

chert wird. Von der potenziell zurückgehenden Wasserverfügbarkeit sind u.a. die Sektoren Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Tourismus und Energie betroffen. Die Sicherung der Wasserverfügbarkeit bei weiter steigendem Bedarf wird in den nächsten 50 Jahren eine wichtige Herausforderung werden.

- **Wetterextreme:** Auch wenn hier die Prognosen unsicher sind, wird davon ausgegangen, dass Wetterextreme zunehmen. Damit steigt das Risiko durch Naturgefahren an.

Anpassung

Südtirol verfügt über gute Rahmenbedingungen für die Anpassung an den Klimawandel. Dazu gehören die gute ökonomische Situation, der hohe technologische Standard und die generell gut funktionierende Verwaltungsstruktur. Zusätzlich fördern und ermöglichen das Autonomiestatut und die daraus folgenden zusätzlichen Kompetenzen in vielen Bereichen das Umsetzen von maßgeschneiderten Strategien. Daraus ergibt sich ein relativ hohes Anpassungspotenzial gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Obwohl bis jetzt noch kaum Anpassungsmaßnahmen geplant oder umgesetzt wurden, die explizit den Klimawandel berücksichtigen, ist der Grad der Anpassung vor allem im Bereich technischer Maßnahmen hoch. Während in einigen Bereichen (z.B. Naturgefahren) technische Maßnahmen zwar teuer, aber wirksam sind, ist in anderen Bereichen (z.B. Beschneiungsanlagen, Bewässerung von Grünland) die Kosten-Nutzen-Relation unter bestimmten Situationen ungünstig (z.B. tiefliegende Skigebiete, Errichtung von neuen Bewässerungsanlagen für Grünland). Bedarf besteht vor allem an sektorenübergreifenden Maßnahmen (z.B. Koordination von wassersparenden Maßnahmen) und allgemein im Bereich Koordination und Kommunikation zwischen Fachabteilungen, Interessenverbänden und Experten. Auch fehlt in den meisten Fällen eine explizite Berücksichtigung des Klimawandels.

Anfälligkeit

Insgesamt ist Südtirol zwar dem Klimawandel in hohem Maße ausgesetzt, aufgrund der hohen Anpassungskapazität und der bereits existierenden Anpassungsmaßnahmen (auch wenn diese nicht explizit durch den Klimawandel motiviert sind) ist es aber nur mäßig anfällig. Allerdings könnte sich diese mäßige Anfälligkeit in Zukunft in eine hohe Anfälligkeit verändern, wenn der Klimawandel nicht explizit auf die politische Agenda gesetzt und in die Planung einbezogen wird. Auch die zukünftige Entwicklung im Bereich Siedlungsentwicklung und Wasserbedarf bringt neue Risiken mit sich, die die Anfälligkeit erhöhen könnten. Insgesamt sind die Regionen und Sektoren besonders anfällig, denen schon heute Klima- und Wetterextreme zu schaffen machen, sowie die Regionen, in denen noch keine Anpassungsmaßnahmen getroffen wurden (z.B. Regionen ohne Bewässerung, die aber schon in der Vergangenheit vermehrt unter Trockenheit litten).

- **Wasserversorgung für die Landwirtschaft in den trockenen Regionen** (Vinschgau, Tschöggelberg, Ritten, Unterland, Bozen und Raum Brixen): Eine besondere Anfälligkeit entsteht hier durch die vom Klimawandel begünstigten neuen Obstbauanlagen in höheren Lagen, in denen die Wasserversorgung oft heute schon knapp ist. Hier ist das Anpassungspotenzial mäßig, da Standorte für neue Wasserspeicher begrenzt sind.
- **Trockenheit im Grünlandbereich der Bergbauern:** Die hohe Anfälligkeit liegt hier vor allem in den begrenzten Anpassungsoptionen. Es existieren kaum wassersparende Methoden für die Grünlandbewässerung (wie z.B. die Tröpfchenbewässerung im Obstbau), und neue Bewässerungsanlagen sind im Verhältnis zum erwartenden Gewinn nicht besonders kosteneffektiv.
- **Siedlungen und Infrastruktur, die sich in potenziellen Gefahrenzonen befinden:** Vor allem in den letzten Jahrzehnten wurde hier massiv, insbesondere im Bereich Gewerbe, in potenziell gefährdeten Gebieten gebaut. Hier werden sich durch die rechtlich bindende Gefahrenzonenplanung in den nächsten Jahren Änderungen ergeben, wobei abzuwarten bleibt, wie konsequent die Gefahrenzonenplanung umgesetzt wird, und in welchem Maße eine mögliche Zunahme des Risikos von Naturgefahren durch den Klimawandel Eingang in die Planung findet.
- **Schneesicherheit in tiefliegenden Skigebieten unter 1800 m:** Bei weiterem Temperaturanstieg ist hier auch der Einsatz von Beschneiungsanlagen nicht mehr kosteneffizient und somit sind die Anpassungsoptionen begrenzt.
- **Gesundheitsprobleme durch Hitze in den Städten** (hauptsächlich Bozen und Meran): Zwar wurde als Reaktion auf das Hitzejahr 2003 ein nationales Hitzefrühwarnsystem eingerichtet, die Möglichkeiten, die über Information der Bevölkerung hinausgehen sind allerdings im Moment noch begrenzt.

Fazit: Klimawandel ist keine neuartige Naturkatastrophe, sondern eine Verschiebung des Klimas hin zu heißeren und teilweise trockeneren Bedingungen. Er trifft in Südtirol auf ein bestehendes System, das gegen Wetter und Klima sensitiv ist, aber auch eine hohe Anpassungskapazität aufweist. Trotz einiger Unsicherheiten in den Szenarien besteht dennoch Handlungsbedarf: Die erste Maßnahme zur Anpassung besteht darin, sich dem Klimawandel bewusst zu stellen und ihn auf die politische Agenda zu setzen. Das erforderliche sektorenübergreifende Management kann dabei durchaus auch andere positive Aspekte mit sich bringen wie etwa optimierte Ressourcennutzung und nachhaltige Entwicklung (Beispiel wassersparende Maßnahmen). Wichtig ist die Entwicklung einer koordinierten Anpassungsstrategie, wie sie auch in anderen Ländern und Regionen bereits existiert. Außerdem muss der Aspekt Klimaschutz (Vermeidung von Treibhausgasen) unbedingt mit abgedeckt werden. Insgesamt könnte Südtirol durch seine effektive Verwaltung, den Autonomiestatus und die hohe Anpassungskapazität hier zum Vorbild für Anpassung an den Klimawandel im Alpenraum und in Italien werden.



klimawandel

01. IPCC (2007): Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 104
02. Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A. et al. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region 1760-2003. *International Journal of Climatology*, 27, pp. 17-46
03. Autonome Provinz Bozen - Hydrographisches Amt (2009, 2010): Climareport. <http://www.provinz.bz.it/wetter/climareport.asp>
04. Ensembles RT2B and RT3 experiments - RT2B: Transient experiments 1951-2050 or 1951-2100 driven by global experiments. Available on: http://ensemblesrt3.dmi.dk/extended_table.html
05. Lautenschlager, M., Keuler, K., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009): Climate Simulation with CLM, Climate of the 20th Century run no.1, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate. [doi: 10.1594/WDCC/CLM_C20_1_D3]
06. Mahrenholz, J. (2006): REMO A1B SCENARIO RUN, UBA PROJECT, DATASTREAM 3. World Data Center for Climate. CERA-DB „REMO_UBA_A1B_D3“ http://cera-www.dkrz.de/WDCC/ui/Compact.jsp?acronym=REMO_UBA_A1B_D3
07. Autonome Provinz Bozen (2010) Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen, <http://www.provinz.bz.it/wasserenergie/wasser/entwurf-wassernutzungsplan.asp>
08. Efthymiadis, D., Jones, P.D., Briffa, K., Böhm, R., Mauget, M. (2007): Influence of large-scale atmospheric circulation on climate variability in the Greater Alpine Region of Europe. *Journal of Geophysical Research*, 112: D12104, doi: 10.1029/2006JD008021
02. Zemp, M., Haeberli, W., Hoelzle, M., Paul, F. (2006): Alpine glaciers to disappear within decades?. *Geophysical Research Letters*, 33 in: Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment. EEA, Kopenhagen
03. World Glacier Monitoring Service (2007): Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment. EEA, Kopenhagen
04. Hydrographisches Amt – Provinz Bozen (2010): Glacierreport Weißbrunnferner Haushaltsjahr 2008/2009, Bozen
05. OcCC / ProClim (2007): Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC / ProClim, Bern (http://www.proclim.ch/products/ch2050/ch2050-bericht_d.html)
06. Pecher, C., Tasser, E., Tappeiner, U. (2010): Definition of the potential treeline in the European Alps and its benefit for sustainability monitoring. *Ecological Indicators*, 1, issue2, doi:10.1016/j.ecolind.2010.06.015
07. Bahn, M., Körner, C. (2003): Recent increases in summit flora caused by warming in the Alps. In: Nagy, L., Grabherr, G., Körner, C., Thompson DBA, editors. *Alpine Biodiversity in Europe*. Ecological Studies, 167: pp. 437–441. Springer, Berlin
08. Keller, F., Körner, Ch. (2003): The role of photoperiodism in alpine plant development. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 35: pp.361-386
09. Scherrer, D., Körner, Ch. (2011): Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography*, 38(2): pp.406-416
10. Körner, Ch. (2003): *Alpine Plant Life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer, Berlin, chapter 17
11. Bowman, W.D., Theodose, T.A., Schardt, J.C., Conant, R.T. (1993): Constraints of nutrient availability on primary production in two alpine communities. *Ecology*, 74: pp.2085-2098



auswirkungen

01. Jylhä, K., Fronzek, S., Tuomenvirta, H., Carter, T. R. and Ruosteenoja, K. (2007): Changes in frost and snow in Europe and Baltic sea ice by the end of the 21st century. *Climatic Change in: Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment*. EEA, Kopenhagen



landwirtschaft

01. Autonome Provinz Bozen, Landesinstitut für Statistik-ASTAT (2010): Statistisches Jahrbuch für Südtirol.
02. Tappeiner, U., Tappeiner, G., Hilbert, A., Mattanovich, E. (eds) (2003): *The EU Agricultural Policy and the Environment*. Europäische Akademie Bozen, Fachbereich Alpine Umwelt. Blackwell Berlin
03. www.istat.it (letzter Zugang 05.07.2011)



forstwirtschaft

04. Stainer, R. (2011): Klimawandel und Auswirkungen auf den Südtiroler Obstbau. *Obstbau*Weinbau*, 1:pp.13-16
05. Jones, G.V. (2006): Climate change and the global wine industry. *Proceedings, Thirteenth Australian Wine industry technical conference*
06. Schultz, H.R. (2006): Veränderungen im Klima und mögliche weinbauliche Konsequenzen. *Obstbau*Weinbau*, 2: pp. 37-40
07. Hofmann, M., Hoppmann, D., Schulz, H.R. (2011): Einfluss der Klimaveränderung auf die phänologische Entwicklung der Rebe sowie die Säurestruktur der Trauben. Vortrag FA Geisenheim, DDW Geisenheim
08. Chmielewski, F.-M. (2009): Klimawandel und Obstbau in Deutschland, Abschlussbericht des Teilprojekts der HU Berlin
09. Scheifinger, H., Menzel, A., Koche, E. & Peter, C. (2003): Trends of Spring Time Frost Events and Phenological Dates in Central Europe *Theor. Appl. Climat.*, 74: pp. 41-51
10. Fuhrer, J., Calanca P., Defila, C., Forrer, H.-R., Lehmann, B., Luder, W., Müller-Ferch, G., Mürger, A., Sonneveld, M. Uebersax, A. (2007): Landwirtschaft. In: *Klimaänderung und die Schweiz 2050*. OcCC/ProClim, Bern
11. Resch, R., Schwab, E., Schwaiger, E. (2009): Standortabhängige Auswirkungen differenzierter Grünlandbewirtschaftung auf Trockenmasse und Qualitätsertrag. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 4. Klimaseminar 2009, pp.35-50
12. Kimball, B.A. Mauney, F.S. Nakayama, F.S., Idso, S.B. (1993): Effects of elevated CO₂ and climate variables on Plants. *Journal of Soil Water Conservation*, 48: pp. 9-14
13. Pinter, P.J.J., Kimball, B.A., Garci, R.L., Wall, G.W., Hunsaker, D.J., LaMorte, R.L. (1996): Free-air CO₂ enrichment: responses of cotton and wheat crops. In: *Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems* (Hrsg. G.W.Koch & H.A. Mooney), Academic Press, San Diego, pp. 215-249
14. Winkler, J.B., Graf, W., Lang, H. (2009): Anwendung der mini-FACE-Technik in einer Langzeitstudie zu den Wirkungen einer CO₂-Erhöhung bei unterschiedlichen Erntehäufigkeit auf einer Magerrasengesellschaft. LFZ Raumberg-Gumpenstein, 4. Klimaseminar 2009, pp. 11-14
15. Stock, M. (2006): Klimawandel und mögliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Landesbauernverband Brandenburg am 10.08.2006 in Rathenow
16. Niedrist et al. unveröff.
17. Weber, R. W. S. & Görgens, M. (2009): Klimawandel und Obstbau in Deutschland, Abschlussbericht des Teilprojektes OVA Jork
18. Stock, M. & Mastel, K. 2006: Klimawandel in Baden-Württemberg in der Vergangenheit (1950-2000) und in der Zukunft (2010-2055)- Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Fortbildung Pflanzenproduktionsberater am 24./26.01.2006 an der LEL in Schwäbisch-Gmünd sächsischen Weinbautages am 4.03.2006
19. Petgen (2007): Reaktion der Reben auf den Klimawandel. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau*, 9: pp. 6-9
20. Neuner et al. 2011: „Winterschäden an Südtiroler Apfelbäumen“ Projekt aus Forschungsförderungsmittel der Südtiroler Landesregierung. http://www.uibk.ac.at/botany/research/applied_research/winter_damage.html.de vom 14.02.2011

01. Autonome Provinz Bozen-Südtirol (2009): *Agrar- und Forstbericht 2009*
02. Graßl, H. (2007): Klimawandel – zu schnell für jeden Baum. *LWFaktuell* Nr. 60, S. 3-4
03. Theurillat, J., Guisan, A. (2001): Potential impact of climate change on Vegetation in the European alps: A review. *Climatic Change*, 50(1-2): pp. 77-109. In: Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. (2009): *Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa*. Agrimedia, Wien
04. Defila, C. (2005): Phänologische Trends bei den Waldbäumen in der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 156, 6:pp. 207-210
05. Vassella, A., Brügger, R. (2002): Sind unsere Wälder länger grün? Die Phänologie bringt es an den Tag – *Wald Holz* 83, 4: pp. 28-31
06. Usbeck, T., Wohlgemuth, T., Dobbertin, M., Pfister, C., Bürgi, A., Rebetez, M. (2010): Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agric. For. Meteorol.* 150: pp.47-55
07. Wermelinger, B., Seifert, M. (1998): Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.* 122(4):pp. 185-191
08. Leitgeb, E., Englisch, M. (2006): Klimawandel – standörtliche Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft. *BFW-Praxisinformation* 10: pp. 9–11
09. Seidl et al. 2008, in Eitzinger, J., Kersebaum, K.C. & Formayer, H. (2009): *Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa*. Agrimedia, Wien
10. Petercord, R., Leonhard, S., Muck, M., Lemme, H., Lobinger, G., Immler, T., Konner, M. (2009): Klimaänderung und Forstschädlinge. *LWF aktuell* 72:pp. 4–7
11. Krehan, H., Steyrer, G. (2006): Klimaänderung – Schadorganismen bedrohen unsere Wälder. *BFW-Praxisinformation* 10, April 2006, S. 15 – 17
12. Feemers, M., Blaschke, M., Skatulla, U., Gulder, H.-J. (2003): Klimaveränderungen und biotische Schäden im Wald. *LWFaktuell* Nr. 37:pp. 19-22
13. Waldböhr, M., Oberhuber, W. (2008): Synergistic effect of drought and chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*) on radial growth of European chestnut (*Castanea sativa*). In: Grabner, M., Eckstein, D. (eds.): *EuroDendro* (2008). The long history of wood utilization; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Eigenverlag, pp. 79-80
14. Hartebrodt, Christoph (2008): *Die Rolle des Waldes im CO₂-*

Haushalt des Landes Baden-Württemberg. FVA Einblick 01:pp. 54-57

15. Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. (2009): Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Agrimedia, Wien
16. Karhu, K., Fritze, H., Hämäläinen, K., Vanhala, P., Jungner, H., Oinonen, M., Sonninen, E., Tuomi, M., Spetz, P., Liski, J. (2010): Temperature sensitivity of soil carbon fractions in boreal forest soil. *Ecology* 91(2): pp. 370-376
17. Autonome Provinz Bozen-Südtirol (2010): Waldtypisierung Südtirol, Band 1 und 2
18. Geburek, T. (2006): Klimawandel – Forstliche Maßnahmen aus genetischer Sicht. BFW-Praxisinformation 10:pp. 12-14
19. Ewald, J. (2009): Waldinformationssystem Nordalpen – WLNALP sammelt Wissen zum Schutz der Bergwälder. *Waldforschung aktuell* 30: pp. 45-46
20. Hayes, M.J. (2011): Drought indices in: <http://drought.unl.edu/> (letzter Zugang: 07.02.2011)



naturgefahren

01. Landesregierung der Autonomen Provinz Südtirol (2008): Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos - im Sinne von Artikel 22 des Landesgesetzes vom 11. August 1997, Nr. 13, „Landesraumordnungsgesetz“, in geltender Fassung und der entsprechenden Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne
02. Gius S., Weber, F., (2010): Gefahrenzonenplanung in Südtirol - Historie und Gegenwart. in: Kreisel, W., Reh, T., Pörtge, K.H., Ruffini, F.: Südtirol, eine Landschaft auf dem Prüfstand. Tappeiner Verlag, Lana, Italien
03. Autonome Provinz Bozen (2010): Wassernutzungsplan für die Autonome Provinz Bozen, <http://www.provinz.bz.it/wasser-energie/wasser/entwurf-wassernutzungsplan.asp>
04. Autonome Provinz Bozen, ASTAT- Landesinstitut für Statistik (1999): Die Dauersiedlungsgebiete und potentielle Dauersiedlungsgebiete in Südtirol (Stand 1996). Autor: Benno Fleer, Bozen
05. Autonome Provinz Bozen – Abteilung Natur und Landschaft (2010): Kulturlandschaft Südtirol - Der Wandel seit 1950, Bozen
06. Staffler, H., Pollinger, R., Zischg, A., Mani, P., (2008): Spatial variability and potential impacts of climate change on flood and debris flow hazard zone mapping and implications for risk management. *Natural Hazards and Earth System Science*, 8:pp. 539–558
07. Gruber, S., Hoelzle, M., Haeberli, W., (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. *Geophysical Research Letter*, 31
08. Keiler, M., Knight J., Harrison, S., (2010): Climate change and

geomorphological hazards in the eastern European Alps. *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences*, pp. 2461-2479

09. Mair, V., Zischg, A., Lang, K., Tonidandel, D., Krainer, K., Kellner-Pirklbauer, A., Deline, P., Schoeneich, P., Cremonese, E., Pogliotti, P., Gruber, S., Böckli, L., (2011): PermaNET - Permafrost Long-term Monitoring Network. Synthesis report. *INTERPRAEVENT Journal series 1, Report 3*, Klagenfurt
10. Autonome Provinz Bozen, Abteilung Wasserschutzbauten: HazardBrowser. <http://www.provinz.bz.it/wasserschutzbauten/wildbachverbauung/hazardbrowser.asp>
11. Autonome Provinz Bozen, Dekret des Landeshauptmanns Nr. 42, (2008): Dekret des Landeshauptmanns Nr. 42, vom 05. August 2008; Durchführungsverordnung betreffend die Gefahrenzonenpläne. Beschluss der Landesregierung Nr. 2740 vom 28.07.2008.
12. AdaptAlp – Common Strategic Paper (2011): http://www.adaptalp.org/index.php?option=com_content&view=category&id=146&Itemid=135



tourismus

01. Autonome Provinz Bozen, Landesinstitut für Statistik (ASTAT) (2010): Datenbanken Self Service – Tourismus – Beherbergungskapazität: <http://qlikview.services.siad.it/QvAJAZZfc/AccessPoint.aspx?open=&id=QVS@titan-alTourismus.qvw&client=Ajax> (letzter Zugang: 25.10.2011)
02. Autonome Provinz Bozen, Landesinstitut für Statistik (ASTAT) (2010): Datenbanken Self Service – Tourismus – Tourismusströme nach Gebieten: <http://qlikview.services.siad.it/QvAJAZZfc/AccessPoint.aspx?open=&id=QVS@titan-alTourismus.qvw&client=Ajax> (letzter Zugang: 25.10.2011)
03. Autonome Provinz Bozen, Landesinstitut für Statistik (ASTAT) (2011): Tourismus in Südtirol, Tourismusjahr 2009/2010. Bozen
04. Autonome Provinz Bozen, Landesinstitut für Statistik (ASTAT) (2010): Tourismus in einige Alpengebiete, 2010. Bozen
05. Autonome Provinz Bozen, Abteilung Arbeit, Amt für Arbeitsmarktbeobachtung (2010): Arbeitsmarktbericht Südtirol 2010. Bozen
06. Agrawala, S., (ed.) (2007): *Climate Change in the European Alps. Adapting winter tourism and natural hazards management*. Paris, OECD
07. Pechlaner, H., Elmi, M., Herntrei, M., (2011): Uncertainty regarding Climate Change and Strategic Planning in two Tourism Destinations in South Tyrol. In Weiermair, K., Pechlaner, H., Strobl, A., Elmi, M., Schuckert, M.: *Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism Industry*. Innsbruck, Innsbruck University Press
08. Scott, D. (2011): The dual Challenges of Climate Change and Climate policy for Tourism. In Weiermair, K., Pechlaner, H., Strobl, A., Elmi, M., Schuckert, M.: *Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism Industry*. Innsbruck, Innsbruck University Press

09. Elsasser, H., Bürki, R. (2002): Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate research*, 20, pp. 253 – 257
10. Autonome Provinz Bozen, Abteilung Raumordnung, Amt für Landesplanung (2010): *Fachplan Aufstiegsanlagen und Skispisten. Zweite dreijährige Überarbeitung*. Bozen
11. Autonome Provinz Bozen, Abteilung Wasser und Energie (2010): *Wassernutzungsplan*. Bozen
12. Weiermair, K. (2011): *Economic and Environmental Crises: Interrelationships and Effects on Tourism Behavior*. In Weiermair, K., Pechlaner, H., Strobl, A., Elmi, M., Schuckert, M.: *Coping with Global Climate Change. Strategies, Policies and Measures for the Tourism Industry*. Innsbruck, Innsbruck University Press
13. Alto Adige Marketing (2006): *Tourismus 2020: wohin geht die Reisebranche?*



gesundheit

01. Kropp J., Holsten A., Lissner T., Roithmeier O., Hattermann F., Huang S., Rock J., Wechsung F., Lüttger A., Pompe S. (UFZ), Kühn I. (UFZ), Costa L., Steinhäuser M., Walther C., Klaus M., Ritchie S., Metzger, M. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV)PIK, Potsdam.
02. EEA (2008): *Impacts of Europe's changing climate - An indicator-based assessment*. European Environment Agency, Kopenhagen
03. EEA (2010): *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe An overview of the last decade*. Technical report 13/2010. European Environment Agency, Kopenhagen
04. Meehl G., Tebaldi C. (2004): *More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century*. *Science*, 305: pp.994
05. Jendritzky, G. (1999): *Einwirkungen von Klimaänderungen auf die Gesundheit des Menschen in Mitteleuropa*, Partii publiziert in: *Umweltmed.Forsch.Prax.* 3 (2) 72-76 in *ecomed-Verlag, Landsberg* sowie in *OEKOSKOP* Nr. 1/99, Basel.
06. Kromb-Kolb, H. (2006): *Klimawandel und Gesundheit*. Kurzfassung. StartClim2005. Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur, Wien
07. Autonome Provinz Bozen Südtirol, Hydrographisches Amt (2003): *Climareport Südtirol-Alto Adige, Extra Sommer 2003*
08. Conti, S., Meli, P., Minellia, G., Solimonia, R., Toccacelia, V., Vichia, M., Beltranob, C., Perini, L. (2004): *Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy*. *Environmental Research*, 98: pp.390–399
09. Autonome Provinz Bozen Südtirol, ASTAT- Landesinstitut für

Statistik (2008), *Gesamte und ausländische Wohnbevölkerung in Südtirol- Ein Blick in die Zukunft bis 2020*, Bozen



anpassung

01. Europäische Kommission (2009): *KOM(2009) 147 endgültig. Weißbuch Anpassung an den Klimawandel: ein europäischer Aktionsrahmen*, Brüssel
02. UKCIP (2010): *The UKCIP Adaptation Wizard V 3.0*. UKCIP, Oxford
03. Stern, N. (2006): *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press, Cambridge
04. de Bruin, K., Dellink, R., and Agrawala, S. (2009): *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modelling of Adaptation Costs and Benefits*, OECD Environment Working Papers, 6. OECD publishing
05. Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., Takahashi, K. (2007): *Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity*. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp: 717-743.
06. Clar, C., Prutsch, A., Steurer, R. (2011): *Barriers in adaptation policy making and guidelines to overcome them: Taking stock and analyzing congruence*. Publication in preparation.
07. Deutsche Bundesregierung (2008): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (letzter Zugang: 05.09.2011)
08. Deutsche Bundesregierung (2011): *Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. <http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/47641.php> (letzter Zugang: 05.09.2011)
09. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2009): *Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS)*
10. Institut für Soziale Ökologie, IFF Wien, Universität Klagenfurt (Gesamtkoordination), Andreas Pichler (Schlüsselexperte und Autor der Studie) im Auftrag des Klima- und Energiefonds und in Vorbereitung eines Policy Papers des Lebensministeriums (2010): *Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich, Aktivitätsfeld „Schutz vor Naturgefahren“*
11. Österreichisches Lebensministerium (2010): *Policy Paper“ Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie“*. Arbeitspapier, 2. Entwurf
12. www.klimawandelanpassung.at (letzter Zugang: 05.09.2011)
13. Schweizerische Eidgenossenschaft (2010): *Strategie der Schweiz zur Anpassung an die Klimaänderung. Zwischenbericht zuhanden des Bundesrats*

Impressum

Informationen

T +39 0471 055 370
F +39 0471 055 389

Herausgeber

EURAC
Europäische Akademie Bozen

Redaktion

Sigrid Hechensteiner

Bildredaktion

Alessandra Stefanut

Grafik

Alessandra Stefanut

Druck

Athesia Druck

Redaktionsanschrift

Drususallee 1, 39100 Bozen/Italien
T +39 0471 055055
F +39 0471 055099



